

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta strojní**  
**Katedra robototechniky**

**Úprava stávajícího podvozku mobilního robotu**  
**Modification of Existing Mobile Robot Undercarriage**

Student:

Pavel Vavřík

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Václav Krys Ph.D.

Ostrava 2013

## Zadání bakalářské práce

Student:	<b>Pavel Vavřík</b>
Studijní program:	B2341 Strojírenství
Studijní obor:	2301R013 Robotika
Téma:	Úprava stávajícího podvozku mobilního robotu Modification of Existing Mobile Robot Undercarriage

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte analýzu současných pozemních monitorovacích robotických systémů. Analyzujte klasifikaci pro určení stupně krytí technického systému.
2. Zpracujte 3D model současného stavu zadaného podvozku mobilního robotického systému.
3. Navrhněte varianty řešení vnitřního uspořádání specifikovaných komponent elektroniky a senzorů na podvozku včetně možné ochrany podvozku proti vnikání nečistot a vody.
4. Proveďte zhodnocení navržených variant a vyberte tu, která nejlépe splňuje stanovené požadavky.
5. Vybranou variantu rozpracujte do úrovně detailního 3D modelu. Doložte výkresovou dokumentaci dle pokynů vedoucího práce.
6. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému dle pokynů vedoucího.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 2007. 48 s.

ČSN ISO 690 *Informace a dokumentace - Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Český normalizační institut, 2010.

NOVÁK, P. *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. 1. vydání. Praha: BEN Praha, 2005. 247 s. ISBN 80-7300-141-1.

KÁRNÍK, L. *Servisní roboty*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 139 s. ISBN 80-248-0626-6.

KÁRNÍK, L.; KNOFLÍČEK, R.; MARCINČIN, J. N. *Mobilní roboty*. 1. vydání. Opava: Márfy Slezsko, 2000. 212 s. ISBN 80-902746-2-5.

DRASTÍK, F. *Technické kreslení I. – pravidla tvorby výkresů ve strojírenství*. 2. vydání. Ostrava: Montanex Ostrava, 2005. 260 s. ISBN 87-7225-195-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václav Krys, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013

---

prof. Dr. Ing. Petr Novák  
vedoucí katedry



---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

## **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 20. 5. 2013

.....

podpis studenta



Prohlašuji, že

- jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20. 5. 2013

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Pavel Vavřík

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Petrov 250, 696 65 Petrov

### Poděkování

Tato práce byla vypracována s podporou projektu Příležitost pro mladé výzkumníky, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/30.0016, podpořeného Operačním programem Vzdělávání pro konkurenceschopnost a spolufinancovaného Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Děkuji především panu Ing. Václavu Krysovy Ph.D. za poskytnuté konzultace při přípravě mé bakalářské práce.

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VAVŘÍK, P. *Úprava stávajícího podvozku mobilního robotu: bakalářská práce.* Ostrava: Katedra Robototechniky – 354, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2013, 65 s. Vedoucí práce: Ing. Krys Václav, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá dokumentací stávajícího mobilního podvozku. Byla provedena rešerše mobilních robotů a používaných elektrických komponentů. Dále bylo provedeno rozebrání a opětovné složení mobilního robotu. Díly byly změřeny a narýsovány pomocí CAD systému Creo Parametric 2.0. Byly navrženy varianty řešení uspořádání vnitřní elektroniky a rozmístění senzorického subsystému. Vybraná varianta byla podrobně vymodelovaná ve 3D.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

VAVŘÍK, P. *Modification of Existing Mobile Robot Undercarriage,* Ostrava: Department of Robotics, Faculty of Mechanical Engineering, VSB – Technical University of Ostrava, 2013, 65 p., Thesis head: Ing. Krys Václav, Ph.D.

Bachelor Thesis deals with the documentation of the existing mobile chassis. The exploration of mobile robots and electrical components was performed. The disassembly and reassembly mobile robot has been done. The components were measured and drawn using the CAD system Creo Parametric 2.0. There are several options of arrangement of internal electronics and sensor subsystem designed. Optimal variant is modeled into detailed 3D model.

# Obsah

Seznam použitého značení .....	8
Úvod .....	9
1 Analýza současných pozemních monitorovacích robotických systémů .....	10
1.1 Využití mobilních průzkumných robotů v bezpečnostních službách .....	10
1.2 Přehled robotů .....	10
1.2.1 Srovnání vybraných parametrů mobilních robotů .....	15
1.3 Krytí podle IEC 60 529 .....	16
1.4 Senzory vhodné k mobilním průzkumným robotům .....	17
1.4.1 Ultrazvukové senzory vzdálenosti .....	17
1.4.2 InfraRed měřiče vzdálenosti .....	20
1.4.3 Laserové snímače vzdálenosti a pozice .....	23
1.4.4 Kamery pro mobilní roboty .....	26
2 Zpracování 3D modelu .....	30
3 Návrh variant vnitřního uspořádání elektronických komponentů .....	32
3.1 Návrh variant rozmístění el. komponentů podle typu kamery .....	32
3.1.1 Varianta 1A .....	33
3.1.2 Varianta 1B .....	34
3.1.3 Varianta 1C .....	35
3.1.4 Varianta 2A .....	36
3.1.5 Varianta 2B .....	37
3.2 Návrh senzorického subsystému .....	38

3.2.1	Varianta S1 – Pouze IR senzory .....	38
3.2.2	Varianta S2 – Kombinace IR a ultrazvukového senzoru.....	39
3.2.3	Varianta S3 – použití laserového dálkoměru.....	40
3.3	Volba umístění kamery .....	41
3.3.1	Varianta K1 – Kamera v přední části robotu .....	41
3.3.2	Varianta K2 – kamera ve středu robotu.....	41
3.4	Výběr typu objektivu .....	43
4	Zhodnocení variant a výběr odpovídající varianty.....	45
5	Detailní rozpracování zvoleného řešení .....	47
5.1	Zvolená elektronika .....	47
5.2	Vytvoření 3D modelu .....	54
5.2.1	Přední držák.....	55
5.2.2	Zadní držák .....	55
5.2.3	Držák budiče.....	56
5.2.4	Držák řídicí jednotky .....	56
5.2.5	Držák měniče napětí .....	57
5.2.6	Kryt ozubení a držák video enkoderu.....	57
5.2.7	Celkové zakrytování .....	57
5.3	Kontrolní výpočty .....	58
6	Závěr .....	60
7	Zdroje a použitá literatura .....	61
	Seznam příloh.....	65

## Seznam použitého značení

Značka	Veličina/Význam	Jednotka
Ah	Amperhodiny	[Ah]
DC	Direct current – stejnosměrný proud	[-]
D <sub>K</sub>	Průměr kola	[mm]
FOV	Field of vision – zorné pole	[-]
GND	Ground – elektrická zem	[-]
HZU	Horizontální zorný úhel	[-]
I <sup>2</sup> C	Sběrnice pro komunikaci elektrických zařízení	[-]
I <sub>5 (12,48)V</sub>	Proud pro napětí 5 (12, 48) voltů	[A]
IED	Improvise Explosion Device – Improvizované výbušné zařízení	[-]
IR	Infra red – infra červené záření	[-]
MR	Mobilní robot	[-]
n <sub>1÷4</sub>	Otáčky	Ot/min
P	Výkon/příkon	[W]
Pan/Tilt	Otočná a naklápěcí jednotka	[-]
PoE	Power on Ethernet – napájení po ethernetové síti	[-]
PSD	Position Sensitive Detector – citlivostní detektor pozice	[-]
PWM	Pulze Wide Modulation – pulzně šířková modulace	[-]
RC	Radio Controled – rádiově (dálkově) ovládané	[-]
SWAT	Special Weapons and Tactics - speciální zbraně a taktika	[-]
t	Čas	[h]
t <sub>skut</sub>	Skutečný čas	[h]
u <sub>1,2;3,4</sub>	Převodový poměr	[-]
U <sub>5 (12,48)V</sub>	Napětí 5 (12, 48) voltů	[V]
UGV	Unmanned Ground Vehicle – Bezpilotní pozemní vozidlo	[-]
V	Volt – jednotka napětí	[V]
v <sub>0</sub>	Rychlost robotu	[km/hod]
VZU	Vertikální zorný úhel	[-]
z <sub>1÷4</sub>	Počet zubů kol 1÷4	[-]
η	Účinnost	[%]

## Úvod

Cílem bakalářské práce je úprava mobilního robotu. Bude provedena rešerše současných typů mobilních robotů a používané elektroniky. Ze získaných parametrů se bude vyvíjet úprava mobilního robotu.

Robot bude rozebrán, změřen a vymodelovaný v CAD systému. Z několika navržených variant bude vybrána jedna z kombinací řešení, která nejlépe vyhovuje zadání. Vybraná varianta bude zpracovaná ve 3D, tak aby byla při výrobě co nejvíce použita metoda rapid prototyping.

Bude navrženo elektronické schéma, teoretický vypočítaná výdrž akumulátoru a teoreticky ověřený výpočet potřebného momentu motoru.

# 1 Analýza současných pozemních monitorovacích robotických systémů

## 1.1 Využití mobilních průzkumných robotů v bezpečnostních službách

Prioritní využití mobilních robotů v bezpečnostních službách je průzkum dané oblasti. Pro tento úkol se využívají různé typy mobilních robotů. Pro vzdušné monitorování se používají bezpilotní letouny a vrtulníky. K prozkoumání objektů pod hladinou slouží robotické ponorky. Pro pozemní operace jsou mobilní roboty nejčastěji postavené na kolovém nebo pásovém podvozku.

## 1.2 Přehled robotů

Následuje výběr robotů, každý robot zastupuje jinou skupinu a odlišují se jiným konstrukčním řešením od ostatních robotů. Na konci jsou v přehledné tabulce vypsány základní parametry vybraných UGV.

### Robot Chaos

Chaos od americké firmy *Autonomous Solutions* je robotická platforma se čtyřmi nastavitelnými a nezávisle řízenými pásovými rameny. Tato konstrukce umožňuje prostupnost terénem ve kterém roboty stejné velikosti neprojedou. Např. jízda po schodech, přes železniční koleje, hromady sutě a štěrku. Díky modulárnímu systému je snadný servis, údržba a náhrada poškozených dílů. Na platformu robota je možné umístit robotické rameno nebo jiné příslušenství. [9]



Obr. 1.1 - Robot chaos



## Robot Pointman

Kompaktní taktický robot Pointman vyrábí americká firma *Applied Research Associates*. Robot udržuje obsluhu v bezpečné vzdálenosti a umožňuje video dohled ve více patrových budovách, kolem hlídaných objektů a vozidel. Díky unikátnímu rozdělenému a vzájemně polohovatelnému podvozku, kde prostřední rameno je možné otáčet o 360° dokáže robot překonávat různé překážky. Jeho odolná a samo balancující konstrukce umožňuje robota vhodit oknem do budovy, kde dokáže překonat různé překážky a schody. Dokáže kontrolovat i podvozky vozidel. [10]



Obr. 1.2 - Robot Pointman

## Robot MARCbot

Vojenský MR od americké firmy *Applied Geo Technologies* je určen k vyhledávání IED bomb v bojové linii. Byl navržen jako velká stavebnice z 57 bloků a 35 svazků drátu. Umožňující vyměnit pouze poškozené části. Robot může být ovládán ze stacionárního místa v krytu, nebo i z jedoucího vozidla. Díky kameře umístěné na kloubovém rameni může při hledání IED nahlédnout i do vnitřních prostor vozidel. [11]



Obr. 1.3 - Robot MARCbot

## Robot SUMMIT

Robot od španělské firmy *Robotnik Automation* je určený pro průzkum do všech terénů. Má náhon 4x4. Každé kolo má vlastní motor umístěný na hřídeli. Podvozek je postavený na principu osobního automobilu kde přední náprava je typu Ackerman. SUMMIT je primárně určen pro vzdělávání a výzkum, ale může být využit i pro vzdálené monitorování a přístup do nebezpečných oblastí. Dokáže se pohybovat autonomně i na dálkové ovládaní. [12]



Obr. 1.4 - Robot SUMMIT

## iRobot 310 SUGV

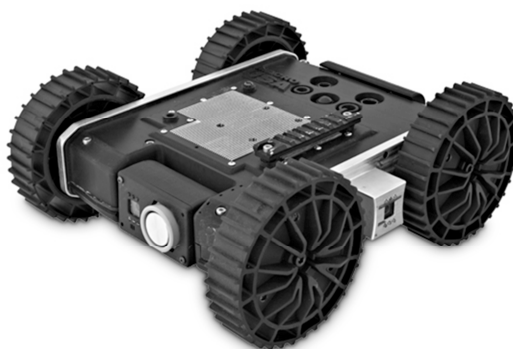
iRobot SUGV od americké firmy *iRobot* je taktický mobilní robot, který shromažďuje informace o prostředí v nebezpečných podmínkách pro vojáky a pro civilní ochranné týmy. Používá se k vyhledávání a rozpoznání bomb. Ke kontrole vozidel a k prohlídkám osob. Robot má modulární konstrukci pro široké spektrum volitelného příslušenství a senzorů, včetně obratného manipulátoru. [14]



Obr. 1.5 - iRobot 310 SUGV

## Robot Armadillo

Robot americké firmy *MacroUsa* Armadillo je malý, lehký, přenosný a hodu odolný robot. Speciální 4x4 poháněné modulární kola jsou navrženy k absorbování dopadu ve vertikální ose. K překonání nerovnosti terénu a k vyšplhání přes překážky. Robot je vybavený pohybovými, elektrooptickými a zvukovými senzory má pět kamer, díky kterým má 360° FOV. Používá se k prozkoumání nebezpečné nebo nedostupné oblasti. [15]



*Obr. 1.6 - Robot Armadillo*

## Robot Scorp

Robot od švýcarské firmy *Novatiq* má odolnou hliníkovou konstrukci navrženou pro budoucí rozšíření. Díky čtyřem kamerám s Infračerveným LED přísvitem, má 360° FOV i ve tmě. Za pomoci předního výměnného pouzdra. Přední kamera může být vyměněna za termokameru nebo další příslušenství. Robot má pásový podvozek a díky pomocným otočným ramenům dokáže robot snadněji překonat schody a další typy překážek. [18]



*Obr. 1.7 - Robot Scorp*

## Recon Scout XT

Osobní mikro robot od americké firmy *Recon Robotics* umožňuje ozbrojeným silám vzdálenou video kontrolu vnitřního i vnějšího prostředí. Robot je vybaven dvěma poháněnými tvarovanými koly a opěrou. Díky své malé hmotnosti a schopnosti vydržet pády, může být robot hozen do budovy oknem. [19]



*Obr. 1.8 - Robot Recon Scout XT*

## Robot Visionbot

VisionBot španělské firmy *TechnoRobot* je speciálně navržen pro lidi pracující na bezpečnostních misích, kontrole budov a pro SWAT jednotky. VisionBot je kolový robot s pohonem 6x6. Vybavený třemi pevnými kamery s 360° zorným polem. Robot je vybaven Pan/Tilt věží se stereovizí a s infra kamerou se zoomem. Robot může být vybavený i střelnou zbraní. [22]



*Obr. 1.9 - Robot Visionbot*

## Robot Cobra MK2

Cobra od francouzské firmy *ECA Robotics* je odolný, malý inspekční robot. Hlavním použitím robotu je vnitřní a vnější inspekce, detekce a řízená destrukce IED bomb, městský bojovník a průzkumník. Pan/Tilt kamera lze nahradit střelou zbraní. Robot slouží k chemické a radioaktivní detekci. [23]



Obr. 1.10 - Robot Cobra MK2

### 1.2.1 Srovnání vybraných parametrů mobilních robotů

V následující tabulce jsou uvedeny základní technické parametry lehkých pozemních mobilních robotů.

Tab. 1-1 Přehled parametrů mobilních robotů

Odkaz*	Název	Rychlost [Km/h]	výdrž [h]	výška [mm]	šířka [mm]	délka [mm]	Hmotnost [kg]	nosnost [kg]	dosah [m]	krytí [-]
[9]	Chaos	10,5	4	230	665	1310	60	45		IP65
[10]	Poitman	5,48	6	133	483	330	8,16	-	182	-
[11]	MARCbot	8	6	343	483	610	15,8	-	300	-
[12]	Summit	10,8	4	320	345	750	12,9	5	-	IP65
[13]	Husky	1	8	390	670	990	47	75	-	IP54
[14]	SuGV	10	3	230	437	761	13,2	6,8	1000	-
[15]	Armadillo	5	6,75	130	265	280	2,5	3	300	IP65
[16]	G2Bot	6,43	1,5	305	343	521	11,3	6,8	500	-
[17]	Seekur JR	4,32	8	494	835	1198	77	40	-	IP54
[18]	SCORP	7,5	2	110	260	330	4,8	8	200	IP65
[19]	Scout XT	1,64	1	113	193	209	0,54	0	30/91	-
[20]	Crawler	9,65	4	330	381	660	5,44	-	305	-

Odkaz*	Název	Rychlost [Km/h]	výdrž [h]	výška [mm]	šířka [mm]	délka [mm]	Hmotnost [kg]	nosnost [kg]	dosah [m]	krytí [-]
[21]	MMp-5	4	1	108	284	292	2	1,8	-	-
[22]	Visionbot	20	4	290	477	625	18	-	1000	-
[23]	Cobra mk2	5	2,5	170	392	364	6,1	5	250	-
[24]	Jaguar 4x4	15	2	265	573	615	20,5	30	-	-
[25]	GAIA-2	3,6	5	265	750	530	40	20	-	-
[26]	SpideMite	-	-	241	254	457	3,6	0,45	152	-
	<b>Průměr</b>	<b>7,5</b>	<b>3,3</b>	<b>248,2</b>	<b>444,5</b>	<b>598,8</b>	<b>19,4</b>	<b>13,7</b>	<b>372,2</b>	<b>-</b>
	<b>Medián</b>	<b>6,4</b>	<b>2,5</b>	<b>253</b>	<b>386,5</b>	<b>570</b>	<b>12,1</b>	<b>6,8</b>	<b>225</b>	

\* Odkaz na internetový zdroj uvedený v kapitole 7

Na konci tabulky jsou pomocí statistických funkcí průměr a medián určeny nejčastější hodnoty parametrů MR v současné době. Dalo by se říct, že se jedná o ideální MR, který vyhovuje dnešnímu trhu.

### 1.3 Krytí podle IEC 60 529

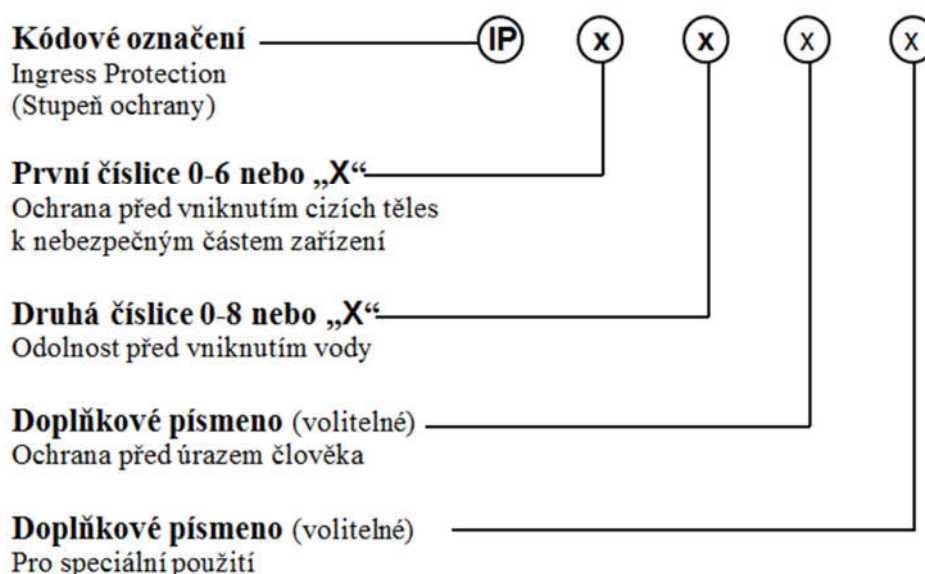
„Předmětem této normy jsou definice stupňů ochrany krytem elektrických zařízení z hlediska ochrany osob před dotykem nebezpečných částí uvnitř krytu, dále ochrany zařízení uvnitř krytu před vniknutím pevných cizích těles a konečně ochrany zařízení uvnitř krytu před škodlivými účinky způsobenými vniknutím vody. Dále předmětem normy je označování těchto stupňů ochrany, dále požadavky na jednotlivá označení a konečně zkoušky stanovené k prověření, zda kryty splňují požadavky této normy.

Za pozornost stojí dvě části normy:

3.1 Kryt: Je část, zajišťující ochranu zařízení před určitými vnějšími vlivy a ve všech směrech ochranu před dotykem živých částí.

Kryty poskytují ochranu osobám a hospodářským zvířatům před přístupem k nebezpečným částem. Dále pak přepážky, profily otvorů nebo libovolné jiné prostředky - ať již připevněné ke krytu nebo tvořené krytým zařízením - určené k zamezení nebo omezení vniknutí daných zkušebních sond, jsou považovány za část krytu. Výjimku tvoří případy, kdy tyto prostředky mohou být sejmuty bez použití klíče nebo nástroje.

3.6 Ochrana krytem před dotykem nebezpečných částí: Je ochrana osob: před dotykem nebezpečných živých částí nízkého napětí, dále před dotykem nebezpečných mechanických částí a konečně před přiblížením k nebezpečným živým částem vysokého napětí uvnitř krytu na menší než přiměřenou vzdušnou vzdálenost.“ [7]



Obr. 1.11 - Význam IP kódu

Písmeno „X“ se používá v případě, když není požadována některá ochrana,

*např. IPX3 – je ochrana jen proti dešti*

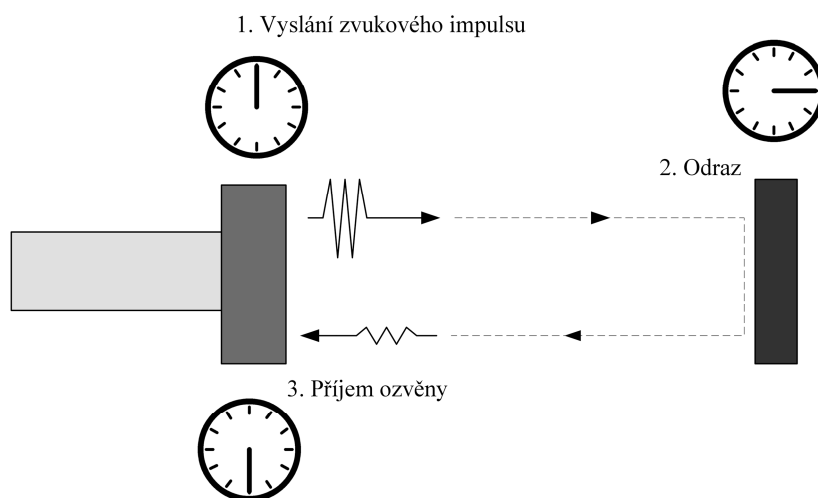
V příloze A v tab. 1 jsou vypsány značení krytí před kontaktem předmětu s elektrosoučástkou pod proudem. A v příloze A tab. 2 je znázorněno krytí před vniknutím kapaliny k částem elektroniky pod proudem.

## 1.4 Senzory vhodné k mobilním průzkumným robotům

### 1.4.1 Ultrazvukové senzory vzdálenosti

„Akustický senzor vysílá cyklicky vysokofrekvenční impuls, který se šíří prostorem rychlostí zvuku. Pokud narazí na nějaký předmět, odrazí se od něj a vrací se zpět k senzoru jako ozvěna. Z časového intervalu mezi vysláním impulsu a návratem ozvěny odvodí čidlo vzdálenost k předmětu. Tato čidla umožňují měřit vzdálenosti od 30 mm do 10 m s přesností 1 mm. Některá čidla mají rozlišení až 0,18 mm. Měří stejně dobře v čistém ovzduší jako i v barevné mlze a jejich spolehlivé funkce nebrání ani tenké nánosy na

membráně čidla. V servisní robotice se používají ultrazvukové dálkoměry k detekci a měření vzdálenosti k pevným překážkám.“ [6]



Obr. 1.12 - Princip ultrazvukového senzoru

#### MB7047 I2CXL-MaxSonar®-WRC™



Obr. 1.13 - Senzor MB7047 I2CXL

Ultrazvukový dálkoměr firmy *MaxBotix* komunikuje pomocí sběrnice I<sup>2</sup>C. Senzor má krytí IP67. Nevýhodou je jeho větší velikost. Oproti jiným ultrazvukovým sensorům má úzký vysílací úhel. [27]

Tab. 1-2 Parametry senzoru MB7047 I2CXL

<b>Rozsah</b>	3cm až 654 cm
<b>Frekvence</b>	42 kHz
<b>Napájení</b>	3.0V až 5.5V
<b>Rozlišení</b>	1cm



<b>Stupeň krytí</b>	IP67
<b>Provozní teplota</b>	-40°C až +65°C
<b>Výstup</b>	I <sup>2</sup> C rozhraní
<b>Rozměr</b>	Ø34.7 x 38.1 mm

### Ultrazvukový dálkoměr SRF08



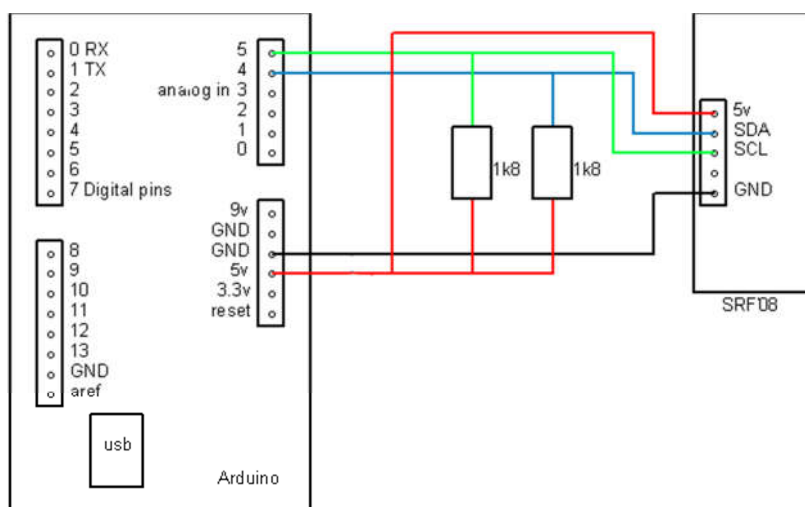
Obr. 1.14 - Senzor SRF08

Komunikace senzoru SRF08 od firmy *Devantech* je pomocí sběrnice I<sup>2</sup>C **Chyba!**  
**Nenalezen zdroj odkazů..** Senzor je určený k vnitřnímu použití, elektrický obvod je  
 nechráněný. Používá oddělený vysílač a přijímač ultrazvukových vln. [28]

Tab. 1-3 Parametry senzoru SRF08

<b>Rozsah</b>	3cm až 600 cm
<b>Vyzařovací uhel</b>	55°
<b>Frekvence</b>	40 kHz
<b>Napájení</b>	5.0V
<b>Rozlišení</b>	1cm
<b>Stupeň krytí</b>	Bez krytí
<b>Provozní teplota</b>	-30°C až +50°C
<b>Výstup</b>	I <sup>2</sup> C rozhraní
<b>Rozměr</b>	43 x 20 x 17 mm

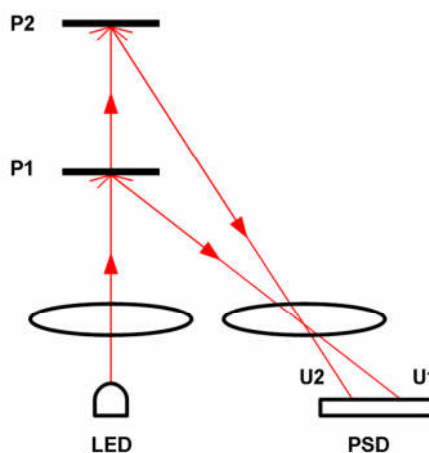
Připojení ultrazvukových senzoru k řídicí jednotce arduinu je pomocí sběrnice I<sup>2</sup>C **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** znázorněné na Obr. 1.15. Na sběrnici I<sup>2</sup>C **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** je možné zapojit až 16 ultrazvukových senzorů a další zařízení s jinou adresou.



Obr. 1.15 - schéma zapojení senzoru SRF 08

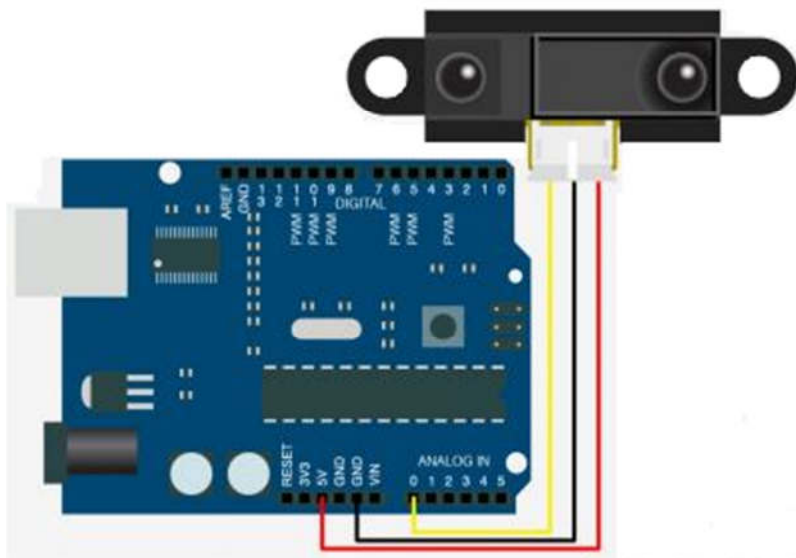
### 1.4.2 InfraRed měřiče vzdálenosti

Pro měření vzdálenosti se používá triangulační metody (Obr. 1.16). IR senzory firmy Sharp jsou vybaveny IR LED a čočkou, která vysílá úzký paprsek světla. Po odrazu se paprsek dostane přes druhou čočku na PSD článku. Vodivost článku je dána podle dopadu světelného paprsku na PSD. Vodivost je převedena na napětí a napětí může být digitalizované pomocí analogově-digitálního konvertoru. Potom je snadný výpočet vzdálenosti. [31]



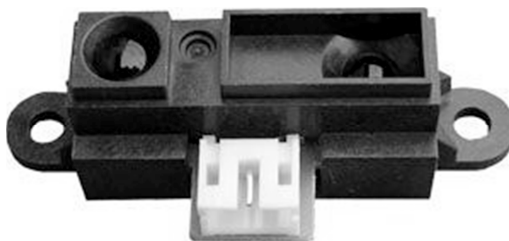
Obr. 1.16 - Princip triangulační metody IR senzoru

Zapojení IR senzoru je znázorněno na *Obr. 1.17* pomocí 3 vývodů. Jeden slouží jako zem, druhý pro přívod napětí +5V. Třetí je analogový výstup ze senzoru, kde se velikost napětí mění podle dopadajícího paprsku. Na arduinu se zapojuje pomocí pinu +5V, GND a jeden z pinů A0-A53.



*Obr. 1.17 - Zapojení IR snímače k Arduinu* [29]

### IR dálkoměr Sharp GP2YA21



*Obr. 1.18 - IR senzor Sharp GP2YA21*

Analogový senzor americké firmy *Sharp*. Základní senzor, u kterého se naměřená vzdálenost zjišťuje podle velikosti napětí. [30]

## IR dálkoměr Sharp GP2YA710



Obr. 1.19 - IR Dálkoměr GP2Y0A710

Senzor firmy Sharp, analogový IR dálkoměr s rozsahem 100 až 550 cm.

[33]

Tab. 1-4 Základní parametry IR dálkoměrů

Typ	GP2YAZ1	GP2YA710
Rozsah	10 až 80 cm	100 až 550cm
Napájecí napětí	4,5 až 5,5 V	4.5 až 5.5V
Napájecí proud	30 mA	30 mA
Výstup	Analogový výstup	Analogový výstup
Provozní teplota	-10° až +60°C	-10° až +60°C
Rozměry	44,5 x 18,9 x 13,5 mm	58 x 17.6 x 22.5 mm

## I2C-It Sharp IR Distance Sensor



Obr. 1.20 - I<sup>2</sup>C IR senzor

Analogový senzor upravila americká firma *Solar botics* pro I<sup>2</sup>CChyba! Nenalezen zdroj odkazů. komunikaci. IR senzor se nezapojuje podle Obr. 1.17 ale podle Obr. 1.15. [32]

Tab. 1-5 Parametry senzoru I<sup>2</sup>C Sharp

<b>Rozsah</b>	10 až 80cm
<b>Napájecí napětí</b>	4.5 až 5.5V
<b>Napájecí proud</b>	35 až 55 mA
<b>Výstup</b>	I <sup>2</sup> C sběrnice
<b>Max počet kusů na sběrnici</b>	8
<b>Max délka kabelu</b>	35 cm
<b>Provozní teplota</b>	-10° až +40°C
<b>Rozměry</b>	44.5 x 18.9 x 13.5 mm

### 1.4.3 Laserové snímače vzdálenosti a pozice

„Laserové skenery jsou v podstatě odrazové infrasenzory s rotujícím zrcátkem které odráží infračervený paprsek do směrů, určeném natočením zrcátka. Natočení pak definuje úhel skenované výseče a je snímán inkrementálním enkoderem. Získaná data se pak vyhodnocují a z nich pak lze získat informace jak o přítomnosti překážky, tak o vzdálenosti od ní“ [6]

#### Laserový dálkoměr SICK DT60



Obr. 1.21 - Laserový dálkoměr SICK DT60

Analogový laserový dálkoměr německé firmy SICK AG. Využívá technologie na principu průletu světelného paprsku pro spolehlivé výsledky měření. [34]

*Tab. 1-6 Základní parametry dálkoměru*

<b>Měřicí vzdálenost</b>	200 ÷ 5 300 mm
<b>Napájecí napětí</b>	10 ÷ 30 V DC
<b>Spotřeba energie</b>	<3W
<b>Přesnost</b>	±13 mm
<b>Krytí</b>	IP 67
<b>Rozměry (d x š x v)</b>	104 x 87 x 38 mm
<b>Hmotnost</b>	202 g

### **Laserový scanner SICK LMS111**



*Obr. 1.22 - SICK LMS 111*

Laserový scanner Sick má krytí IP 67, je vhodný pro venkovní použití za všech klimatických podmínek. Díky velkému dosahu dokáže vytvořit rozsáhlou 2D mapu okolí. [35]

## Laserový scanner HOKUYO URG-04LX



Obr. 1.23 - HOKUYO URG-04LX

Laserový scanner od japonské firmy *HOKUYO Automatic*. První sériově vyráběný laserový dálkoměr s kompaktními rozměry vhodný pro použití pro autonomní roboty a další využití v průmyslu. Připojení je pomocí USB, nebo RS 232. [36]

Tab. 1-7 Základní laserových scannerů

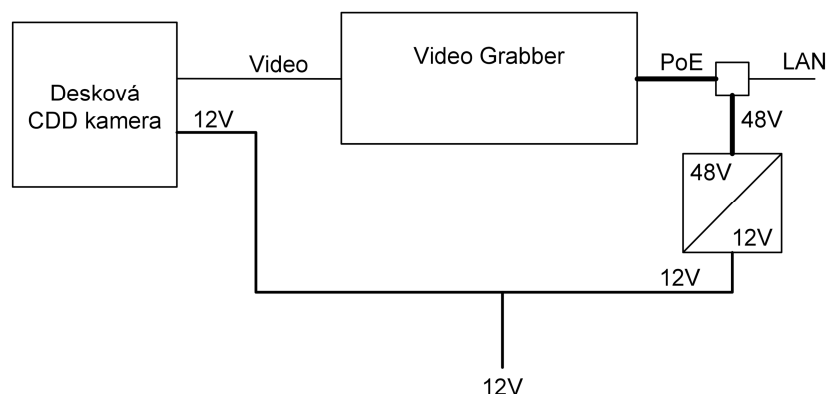
Zařízení	SICK 111	HOKUYO URG 04LX
Měřicí vzdálenost	0,5 ÷ 20 m	0,60 ÷ 4 m
Napájecí napětí	10,8 ÷ 30 V DC	5V DC ±5%
Spotřeba energie	60 W	<2.5W
Přesnost	±12÷30mm	±10 mm ÷ 1%
Skenovací uhel	270°	240°
Rychlost	25/50 Hz	100 ms/sken
Rozměry (d x š x v)	105 x 102 x 162 mm	50 x 50 x 70 mm
Krytí	IP67	---

### 1.4.4 Kamery pro mobilní roboty

#### Deskové CCSChyba! Nenalezen zdroj odkazů. kamery

„Deskové CCD kamery jsou určeny pro vestavbu do různých zařízení a komplexních celků, pro monitorování automatizovaných technologických provozů v průmyslu, jako jsou např.: roboty, montážní linky, podavače, dopravní pásy, stroje pro obrábění a tvarování kovů, výstupní kontrola výrobků apod. Deskové kamery s dírkovým (Pinhole) objektivem je možno také zabudovat a maskovat jako skryté kamery. K deskovým kamerám je nabízena řada miniaturních objektivů s různými úhly záběru.“ [37]

Deskové kamery jsou napájeny pomocí +12 V DC, s vývodem televizního signálu. Pro přenos signálu pomocí Wi-Fi do operačního panelu je zapotřebí použít video-encoder, který je napájený +48V DC PoE. Schéma zapojení je na Obr. 1.24



Obr. 1.24 - Schéma zapojení CCD kamery s příslušenstvím

#### Kamera Sony Ultra Low Lux VM38CSHRX



Obr. 1.25 - Příklad CCD kamery Sony VM38CSHRX



Malá barevná desková kamera SONY ULTRA LOW LUX s mikro objektivem s vysokou citlivostí 0,09 luxu a vyšším rozlišením 500TV. Výborná pro monitorování špatně osvětleného prostoru. Vývody malým konektorem zakončeném kablíky délky asi 10cm. (červený +12V, žlutý video, černý kostra (GND)) Ideální pro montáž do DOME krytů, možno montovat i do venkovních krytů. [44]

*Tab. 1-8 základní parametry kamery Sony*

<b>Snímací čip</b>	1/3“ CCD SONY
<b>Rozlišení</b>	500 TV řádků
<b>Objektiv</b>	f=4.3 mm(2.96, 3.6, 6, 8, 12 mm)
<b>Min. osvětlení</b>	0.09 luxu
<b>Napájení</b>	12V/120 mA
<b>Rozměry</b>	38 x 38 x 27 mm
<b>Cena</b>	2890,- Kč

### Panasonic EX VM32CPH



*Obr. 1.26 - Desková kamera Panasonic*

Malá běžná barevná desková kamera PANASONIC EX s mikro objektivem. Možno dodat s různým objektivem. [43]

*Tab. 1-9 základní parametry kamery Panasonic*

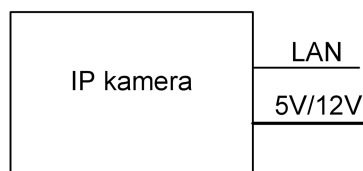
<b>Snímací čip</b>	1/3“ CCD SONY
--------------------	---------------

<b>Rozlišení</b>	480 TV řádků
<b>Objektiv</b>	f=4.3 mm(2.96, 3.6, 6, 8, 12 mm)
<b>Min. osvětlení</b>	0.2 luxu
<b>Napájení</b>	12V/100 mA
<b>Rozměry</b>	32 x 32 x 27 mm
<b>Cena</b>	3330,- Kč

### Webové IP kamery

V pouzdře IPChyba! **Nenalezen zdroj odkazů.** kamery je kromě kamerového modulu vestavěn rovněž webový video server, který zajišťuje digitalizaci a komprimaci videosignálu a jeho distribuci do počítačové sítě (LAN/Internet). IP kamera je opatřena Ethernet konektorem (RJ-45), takže ji lze přímo připojit ke switchi ve firemní lokální síti (LAN), nebo například k ADSL modemu. [39]

IP kamery jsou zapojené pomocí ethernetového kabelu do LAN sítě, k napájení se může použít PoE, nebo připojením zdroje 5V DC v některých případech 12V DC.



*Obr. 1.27- Schéma zapojení IP kamery*

## Kamera Axis M1013



*Obr. 1.28 - IP kamera AXIS M1013*

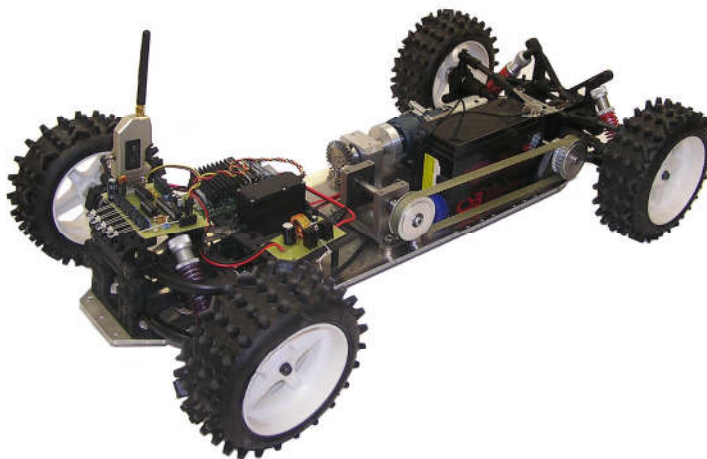
Miniaturní barevná SVGA IP-kamera má širokoúhlý objektiv. Nastavitelné zaostřování objektivu s pevnou clonou. Díky inteligentní video analytice dokáže detekovat pohyb, zakrytí nebo posprejování kamery. [45]

*Tab. 1-10 základní parametry kamery Axis M1013*

<b>Snímací čip</b>	1/4“ progresivní sken RGB CMOS
<b>Rozlišení</b>	800x600
<b>Objektiv</b>	f=2.8 mm
<b>Min. osvětlení</b>	1.2 luxu
<b>Napájení</b>	4.9 ÷ 5.1V/450 mA
<b>Rozměry</b>	59 x 95 x 34 mm
<b>Cena</b>	3530,- Kč

## 2 Zpracování 3D modelu

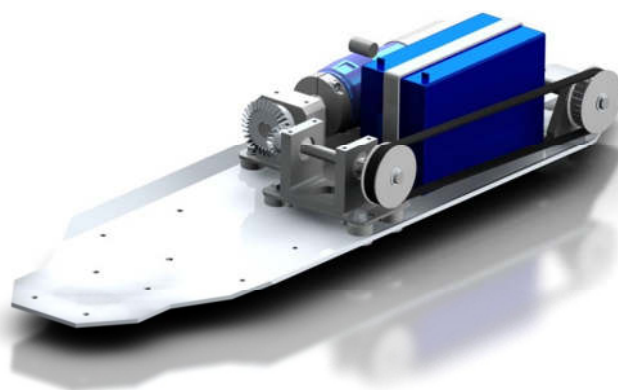
Původní stav MR (na *Obr. 2.1*). Při zahájení dokumentace byl robot bez elektroniky. K dispozici byl 3D CAD model vytvořený v software Pro/Engineer (na *Obr. 2.2*). Robot byl rozebrán pomocí základního nářadí. Následně byl díl po dílu proměřený a vymodelovaný v programu Creo Parametric 2. Následně byly vytvořeny podsestavy jednotlivých dílů a poté celková sestava stávajícího modelu. (na *Obr. 2.3*)



*Obr. 2.1 - Původní stav robotu*

Zpracovaný 3D podklad (na *Obr. 2.2*) obsahoval:

- Nosnou desku podvozku
- Motorovou desku s převody
- Akumulátor
- Uložení součástí a spojovací materiál



*Obr. 2.2- Původní 3D model*

V původním modelu byla upravena základní nosná deska přidáním děr potřebných pro připevnění náprav a krytu. Ozubení diferenciálu bylo převazbené pro další práci s objektem.



*Obr. 2.3 - Upravený 3D model robotu*

Na Obr. 2.3 je model mobilního podvozku. Byly vytvořené tři celky:

- přední náprava
- držák serva s táhly
- zadní náprava

Jednotlivé celky byly postupně rozebrané. Pomocí posuvného měřidla byly změřeny všechny rozměry součástí. Po důkladném vymodelování jednotlivých dílů byla sestavena sestava s pohyblivými vazbami.

### 3 Návrh variant vnitřního uspořádání elektronických komponentů

Pro jednotlivé subsystemy robotu byly navrženy čtyři okruhy variant. V prvním okruhu se vybírá rozložení vnitřního subsystemu elektroniky vzhledem k použitému druhu kamer. Ve druhém okruhu je proveden návrh senzorického subsystemu, který je navrhnout pomocí různých druhů senzorů. Ve třetím okruhu je navržena poloha kamery s naznačeným zorným polem kamery. V posledním okruhu je navrhnout vhodný objektiv pro kameru.

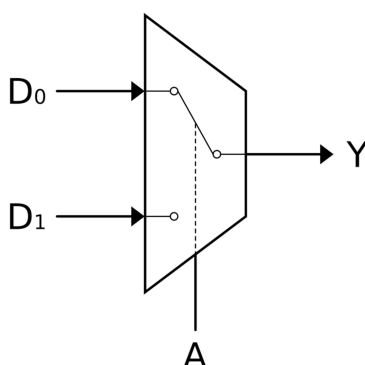
#### 3.1 Návrh variant rozmístění el. komponentů podle typu kamery

Byl udělán návrh rozmístění elektrických součástek, s ohledem na dva různé typy kamer. K součástkám potřebných pro provoz kamer byly přidány následující součásti:

- Řídící jednotka Arduino
- Budič motoru MD03
- Wi-Fi router

Varianty pro použití deskové kamery jsou označeny 1 A, B, C, varianty pro použití IP kamery jsou 2 A, B.

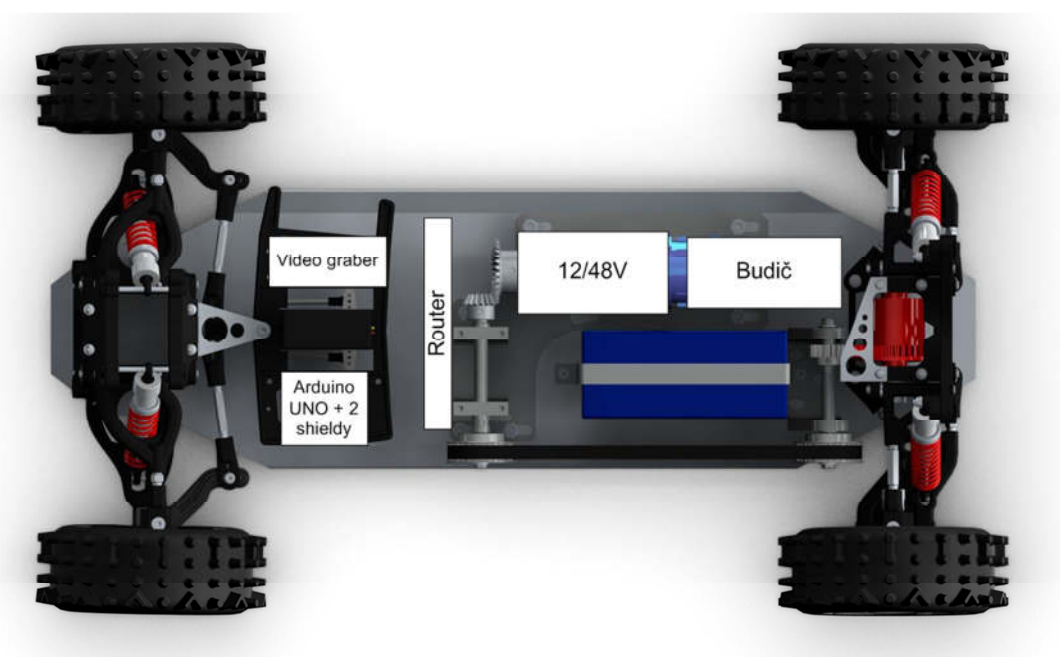
Díky využití multiplexoru lze využít jeden video enkoder pro použití dvou kamer. [49]



Obr. 3.1 - princip multiplexoru

### 3.1.1 Varianta 1A

Tato varianta byla navržena s použitím deskové CCD kamery. Do podvozku MR byly vloženy elektrické komponenty potřebné pro deskovou kameru zobrazené na schématu (na Obr. 1.24). V této variantě byly umístěny budič MD03 a měnič napětí v části nad motorem, upevnění součástí je vyřešeno pomocí podpěr vyrobených pomocí metody rapid prototyping . Na držák serva je z jedné strany umístěná řídicí jednotka a z druhé strany video enkoder Axis M7001 potřebný pro deskové kamery. Wi-Fi router je ve vertikální poloze a je umístěn doprostřed robotu.



Obr. 3.2 - Varianta 1A

Výhody:

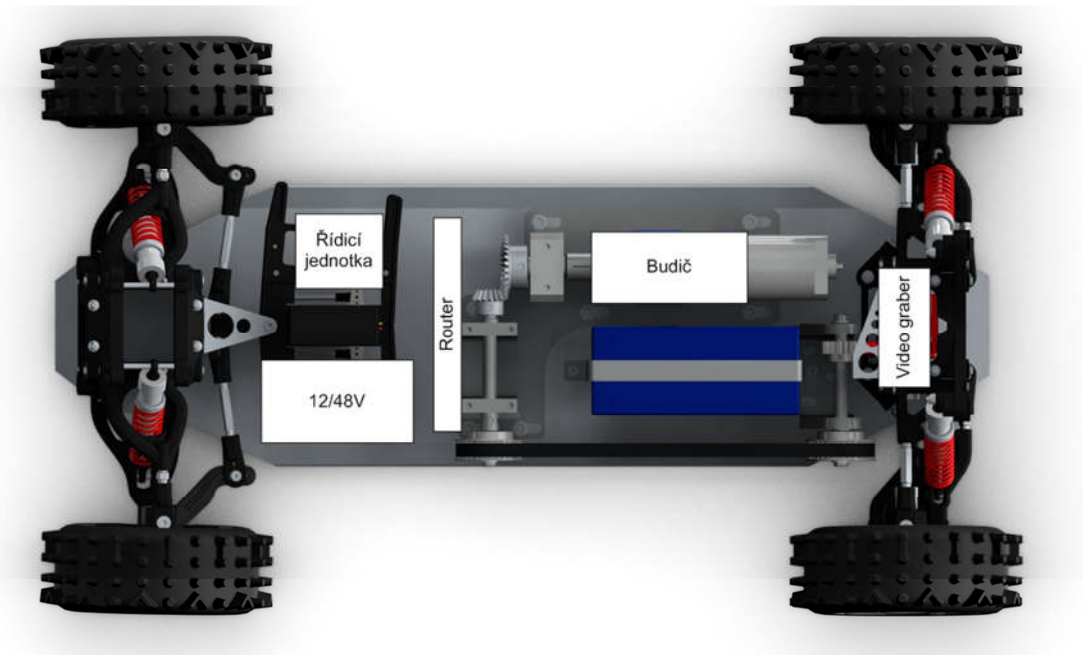
- Budič a měnič napětí mohou být na společném držáku
- Komponenty s největším odběrem jsou blízko akumulátoru
- Kompaktní využití vnitřního prostoru

Nevýhody:

- Elektromotor může negativně ovlivnit budič a měnič napětí
- Malý prostor pro manipulaci s vodiči

### 3.1.2 Varianta 1B

Varianta 1B byla navržena pro použití deskových kamer. Řídící jednotka Arduino byla přesunuta na druhou stranu držáku. Na původní stranu držáku serva byl umístěn převodník napětí z 12V na 48V DC. Budič motoru je umístěný nad motorem, upevněný je pomocí podpěr vytvořených pomocí metody rapid prototyping. video enkoder je umístěný nad prostorem zadní nápravy. Wifi-router zůstal stejně jako v předchozí variantě.



Obr. 3.3 - Varianta 1B

Výhody varianty:

- Využití volného prostoru nad zadní nápravou pro umístění video enkoderu
- Více místa pro kabeláž
- Kompaktní využití prostoru

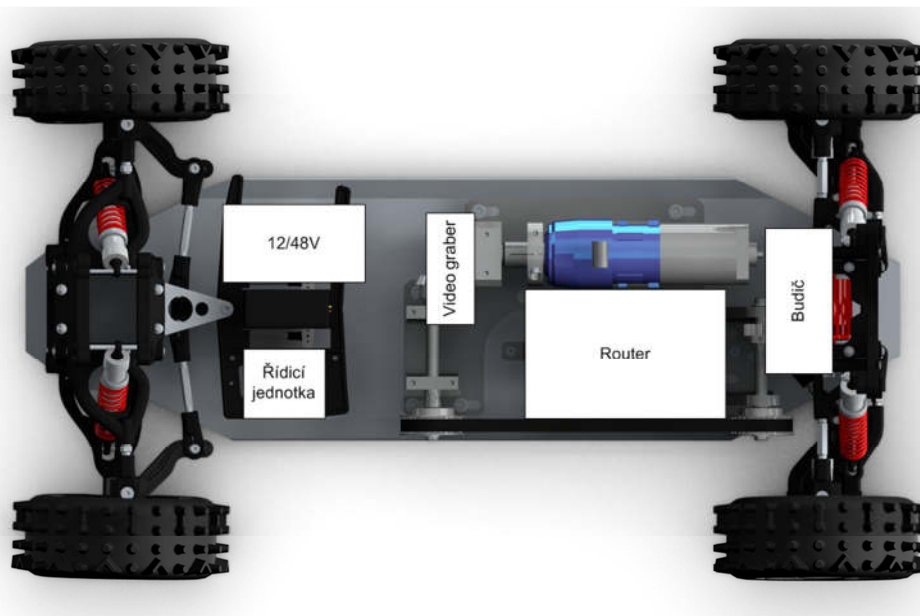
Nevýhody:

- Složitější montáž řídicí jednotky
- Elektromotor může ovlivnit funkci budiče
- Špatná montáž video grabberu pomocí originálního držáku



### 3.1.3 Varianta 1C

Navržena pro deskové kamery. Řídicí jednotka je na držáku serva, na druhé straně je měnič napětí. Video enkoder je nad kuželovým ozubeným soukolím, držák zároveň tvoří kryt ozubení. Budič motoru je umístěn v prostoru nad zadní nápravou. Router je položen nad akumulátorem. Držáky jsou vyrobeny pomocí metody rapid prototyping.



Obr. 3.4 - Varianta 1C

Výhody:

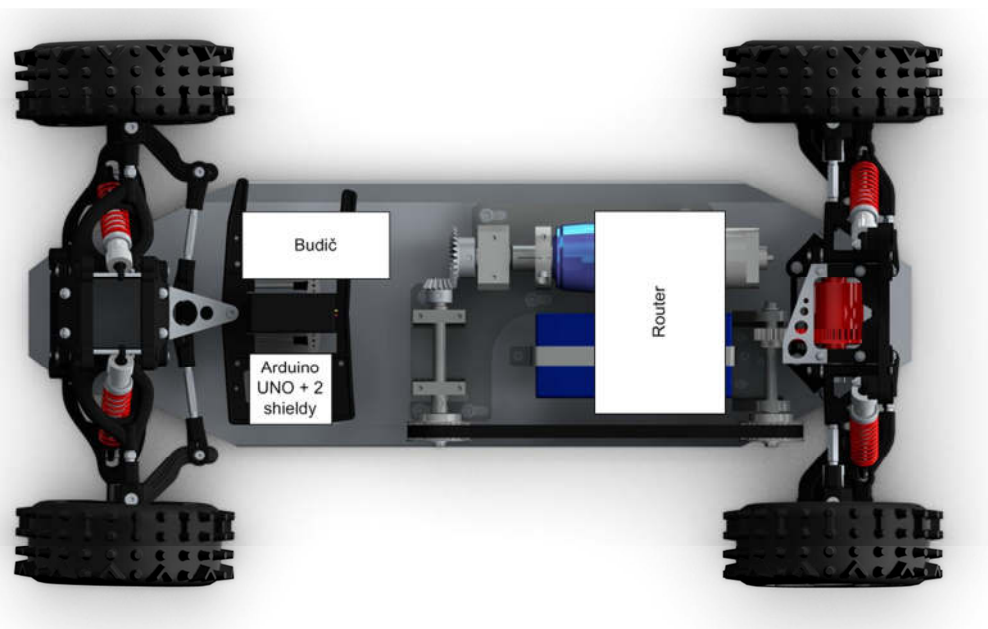
- Elektromotor neovlivňuje žádný elektronický komponent
- Držák video enkoderu zároveň krytuje kuželový ozubený převod
- Dostatečný prostor pro kabeláž a montáž

Nevýhody:

- Méně místa pro montáž a kabeláž v zadní části robotu
- Router bude zavazet při výměně akumulátoru

### 3.1.4 Varianta 2A

Tato varianta je navržena pro IP kamery. Řídící jednotka zůstává na stejném místě jako v předchozí variantě. Na druhou stranu držáku byl umístěn budič motoru MD03. Wi-fi router je umístěn napříč nad akumulátorem a elektromotorem.



*Obr. 3.5 - Varianta 2A*

Výhody:

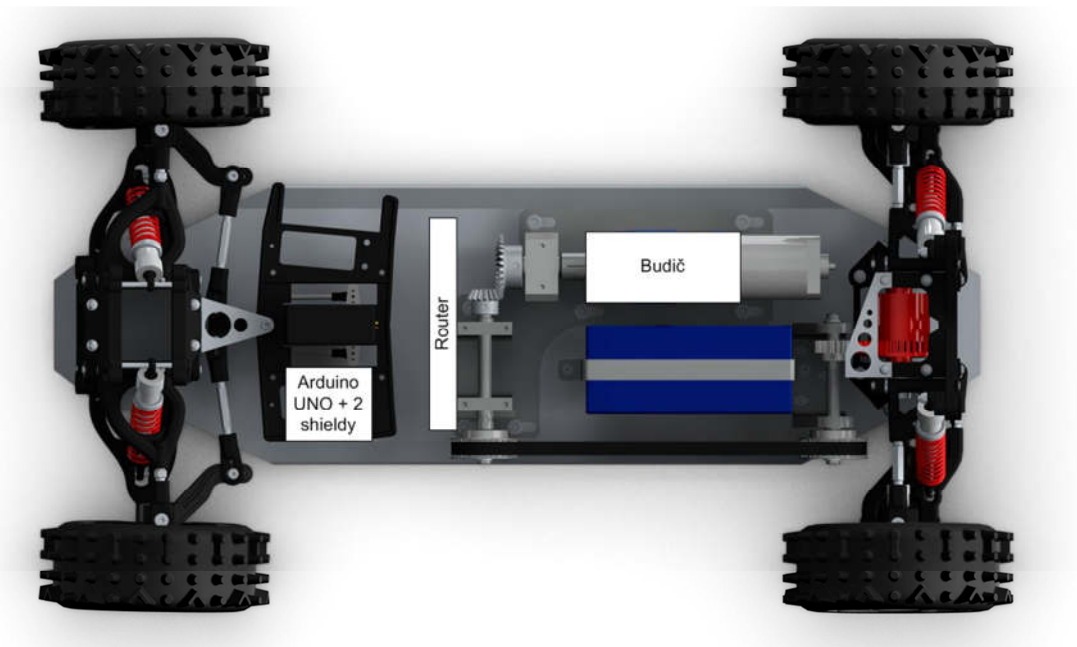
- Robot obsahuje menší množství komponentů
- Dostatek prostoru pro kabeláž a snadnou montáž
- Snadné umístění komponentů na držák serva

Nevýhody:

- Elektromotor může negativně ovlivňovat funkce Wi-Fi routru
- Větší rozměr IP kamery
- Router bude zavazet při výměně akumulátoru.

### 3.1.5 Varianta 2B

Varianta vychází z varianty 1B, jen byla upravený pro IP kamery odstraněním přebytečných elektrických komponent. Řídící jednotka byla umístěná na držáku serva. Vertikálně umístěný router před kuželovou převodovkou, a budič nad elektromotorem.



*Obr. 3.6 - Varianta 2B*

Výhody:

- Dostatek místa pro montáž
- Vnitřní prostor nabízí ještě dostatek místa pro další zařízení
- Robot obsahuje menší množství komponentů

Nevýhody

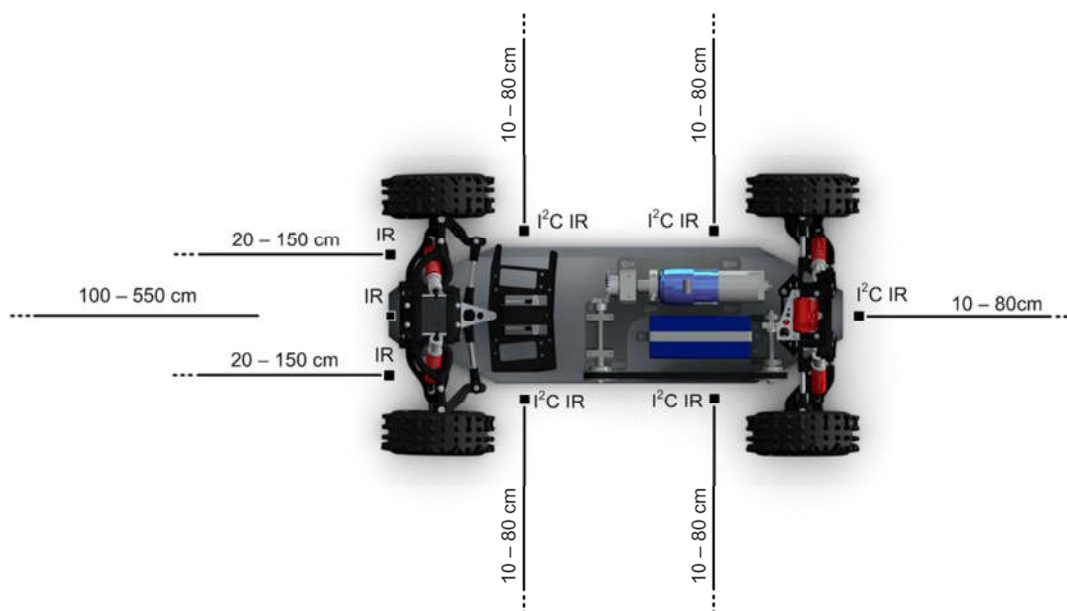
- Složitější montáž routeru
- Větší rozměry IP kamer
- Elektromotor může negativně ovlivňovat funkci budiče

## 3.2 Návrh senzorického subsystému

Senzorický subsystém je velmi důležitý k detekci překážek a monitorování okolního prostředí. Díky senzorům dokáže robot předávat operátorovy nejen obraz, ale i údaj o vzdálenost. Roboty s lepším UI se dokáží pohybovat i autonomně.

### 3.2.1 Varianta S1 – Pouze IR senzory

K arduinu lze připojit 6 analogových senzorů potřebných k připojení IR senzoru vzdálenosti. Možnost zvýšit tento počet je možné pomocí upraveného IR senzoru (Obr. 1.20) který umožňuje komunikaci senzoru pomocí sběrnice I<sup>2</sup>C. V navržené variantě jsou použity 3 IR senzory vepředu pro snímání objektů před robotem. Zbylé senzory jsou IR senzory s I<sup>2</sup>C modifikací sloužící ke kontrole dostatečného prostoru po stranách robotu.



Obr. 3.7 - Varianta S1 – Snímaný prostor

Výhody:

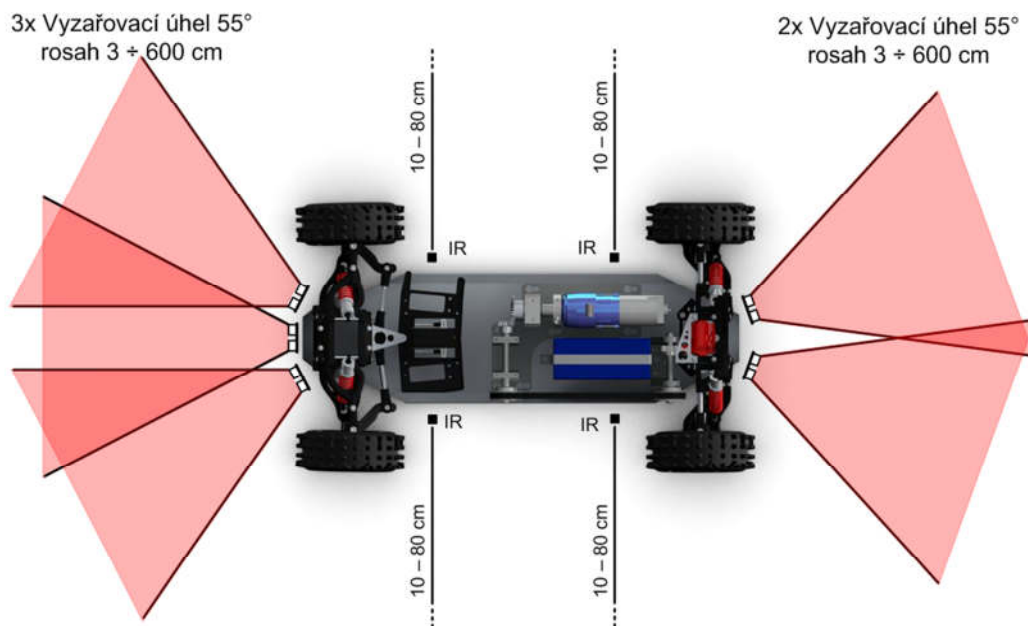
- IR senzory se navzájem neruší
- Jednoduchá komunikace díky použití jednoho druhu senzorů

Nevýhody:

- Úzký paprsek měření
- Dochází k přehlednutí objektu, problém s detekcí s úzkými vysokými předměty, například nohy nábytku

### 3.2.2 Varianta S2 – Kombinace IR a ultrazvukového senzoru

Ve variantě S2 jsou použity vpředu 3 a vzadu 2 ultrazvukové měřiče vzdálenosti (*Obr. 1.14*). Po stranách robotu jsou umístěny 2 IR snímače vzdálenosti (*Obr. 1.18*), které měří boční vzdálenost od překážek. IR snímače jsou zapojeny k arduinu pomocí pinů A0 ÷ A5. Ultrazvuky jsou připojeny pomocí sběrnice I<sup>2</sup>C. Navržená varianta má vpředu úhel rozsahu 110°, v zadní části má snímaný úhel 95°.



*Obr. 3.8 - Varianta S2 – Snímaný prostor*

Výhody:

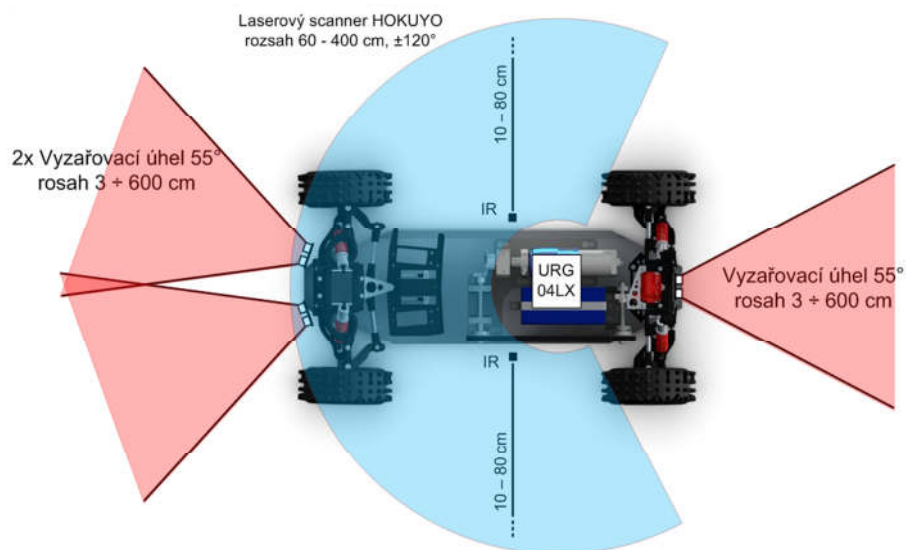
- Velký rozsah a úhel pokrytí ultrazvukovými dálkoměry
- Doplnují se různé druhy senzorů
- Senzorický systém lze rozšířit

Nevýhody:

- Ultrazvukové senzory se mohou rušit, nutné vysílat signál postupně
- Dražší varianta, složitější řízení

### 3.2.3 Varianta S3 – použití laserového dálkoměru

V této variantě jsou umístěny dva ultrazvukové senzory na přední části MR a jeden vzadu. Pro informaci a boční vzdálenosti od MR jsou po stranách IR snímače vzdálenosti. V zadní části je laserový scanner firmy HOKUYO (*Obr. 1.23*).



*Obr. 3.9 - Varianta S3 – Snímaný prostor*

Výhody:

- Velký rozsah laserového scanneru
- Scanner dokáže vytvořit 2D mapu prostředí

Nevýhody:

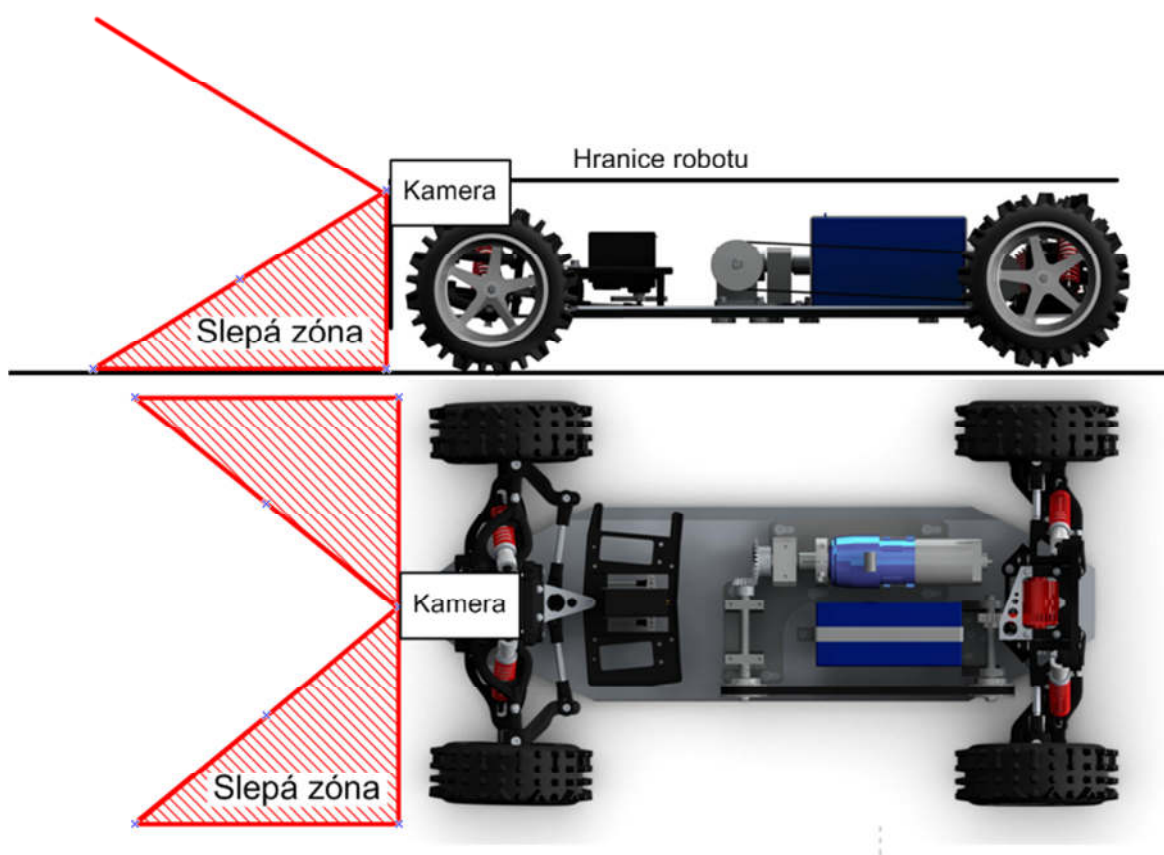
- Velká cena laserového scanneru
- Ultrazvukové senzory se mohou rušit

### 3.3 Volba umístění kamery

Umístění kamery je důležité pro určení prostoru, který kamera dokáže zachytit. Pozice kamery ovlivňuje zorné pole, a tím určuje prostor, který vidí operátor na řídicím panelu.

#### 3.3.1 Varianta K1 – Kamera v přední části robotu

V této variantě je kamera před MR. Na Obr. 3.10 je znázorněný zorný úhel s vyznačenou slepou zónou kde kamera nevidí. Pro navržení zorného uhlu byla použita kamera s širokoúhlým objektivem (*Tab. 3-1*).

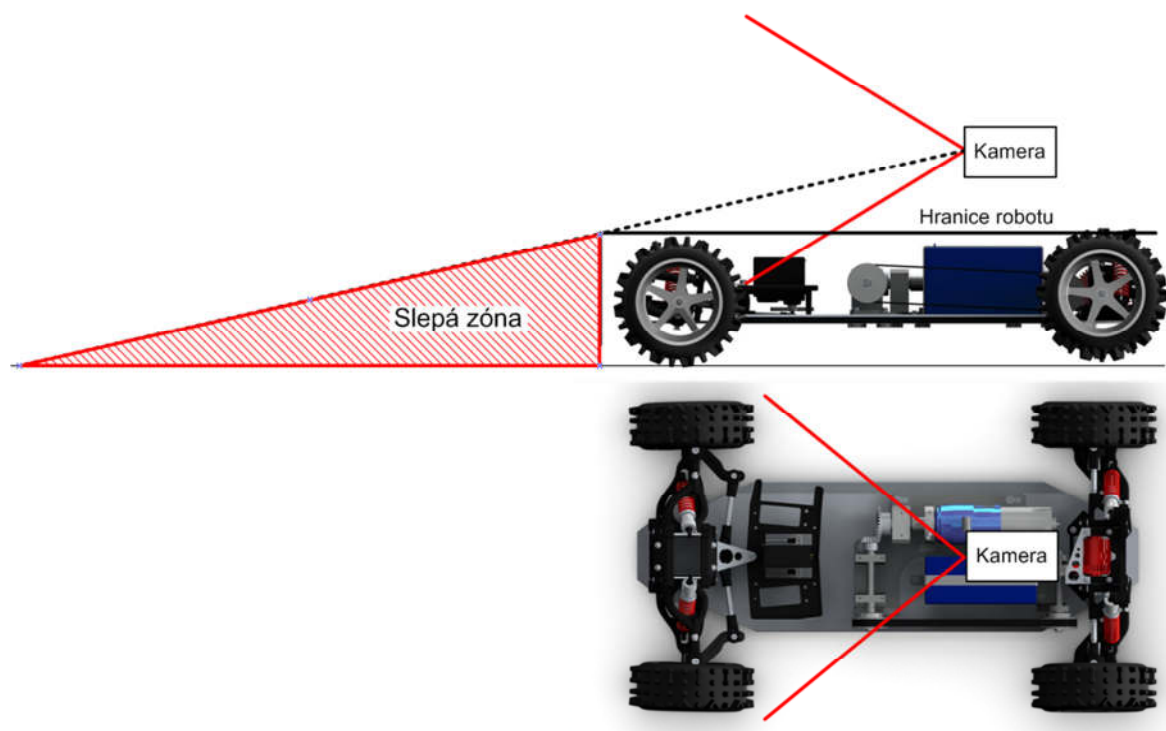


*Obr. 3.10 - Varianta K1 - kamera před robotem*

Nevýhodou je že kamera nesnímá pozici předních kol. Výhodou je že operátor vidí před robotem na krátkou vzdálenost.

#### 3.3.2 Varianta K2 – kamera ve středu robotu

V této variantě je kamera umístěna nad robotem v zadní části. Na Obr. 3.11 je zobrazený zorný úhel a slepá zóna kamery.



*Obr. 3.11 - Varianta K2 - kamera v zadní části robotu*

Výhodou umístění kamery vzadu je viditelnost na polohu předních kol, a na prostor kam přední kola mají vjíždět. Nevýhodou je poměrně velký prostor před robotem kam díky slepé zóně kamera nevidí.



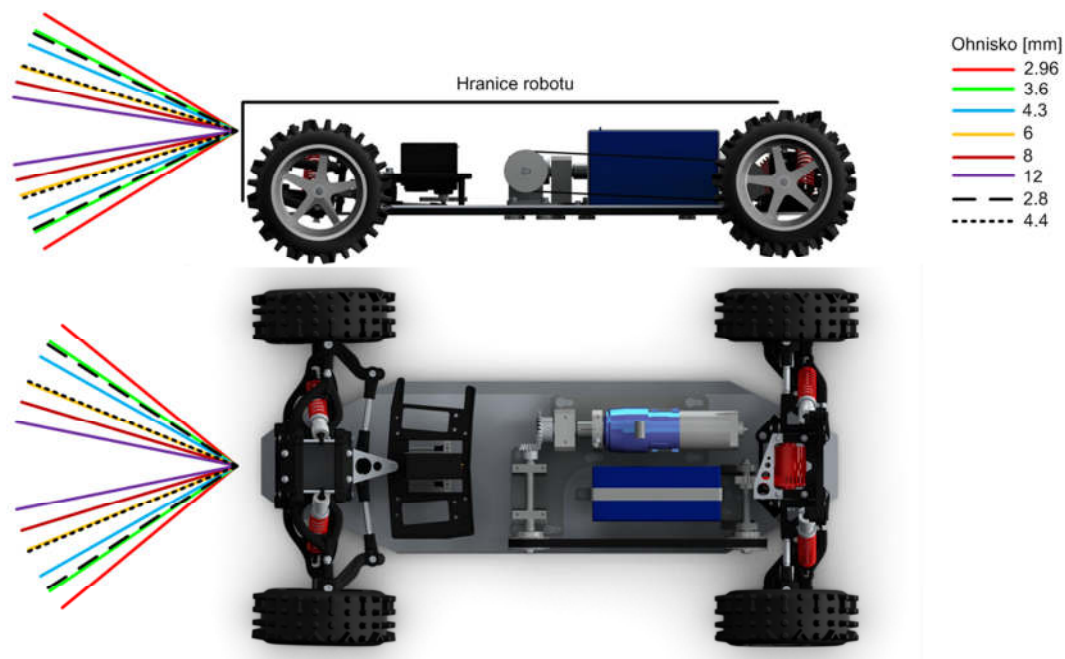
### 3.4 Výběr typu objektivu

Kamery se dodávají s různými typy objektivů. Zorný úhel kamery ovlivňuje ohnisková vzdálenost objektivu  $f$  a velikost snímacího čipu kamery. Uvádí se dva zorné úhly, horizontální a vertikální zorný úhel.

*Tab. 3-1 Zorné uhly pro objektivы s různými ohnisky*

Snímací čip	Ohnisková vzdálenost [mm]	HZÚ [°]	VZÚ [°]
1/3" CCD	2.96	78.1	62.6
	3.6	67.4	53.1
	4.3	58.3	45.4
	6	43.6	33.4
	8	33.4	25.4
	12	22.6	17.1
CMOS 1/4"	2.8	65.5	51.5
	4.4	44.5	34.1

Na Obr. 3.12 jsou zobrazené zorné uhly objektivů s rozdílnou ohniskovou vzdáleností  $f$ . Čím větší ohnisková vzdálenost, tím je zorný úhel a je možné zobrazit vzdálené předměty v lepším přiblížení. Malá ohnisková vzdálenost dělá objektiv širokouhlý, tento objektiv se hodí pro monitorování větší oblasti jednou kamerou. Za cenu snížení rozlišení zobrazených malých nebo vzdálených předmětů.

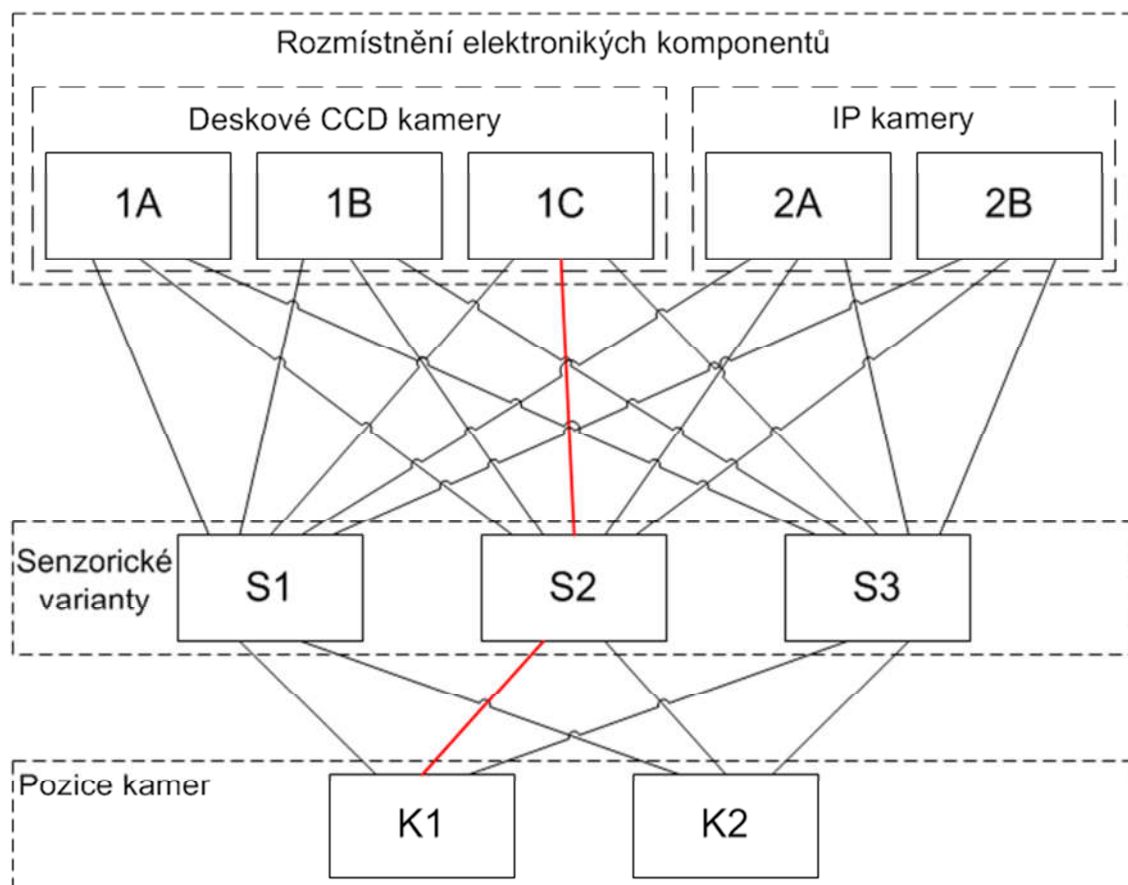


*Obr. 3.12 - Zobrazení zorných úhlů objektivů vzhledem k robotu*

Objektivy pro obě kamery byly zvolené širokoúhlé s ohniskovou vzdáleností  $f=2.96$  mm. Objektiv byl zvolen, protože umožňuje zobrazit největší plochu prostředí před i za robotem.

## 4 Zhodnocení variant a výběr odpovídající varianty

Možné varianty řešení jsou znázorněny na Obr. 4.1 v modifikované morfologické matici. Finální varianta byla zvolena subjektivním posouzením vybraných kombinací struktury podvozku mobilního robotu.



Obr. 4.1 - Všechny možné kombinace variant řešení

S ohledem na výhody a nevýhody jednotlivých variant s ohlédnutím na cenu byla vybrána kombinace 1C – S2 – K1.

Výsledná varianta řešení používá deskovou CCD kameru s příslušenstvím. Senzorický subsystém se skládá z 5-ti ultrazvukových dálkoměrů a 4 IR senzorů vzdálenosti. Kamera MR je umístěna v přední části robotu.



## 5 Detailní rozpracování zvoleného řešení

### 5.1 Zvolená elektronika

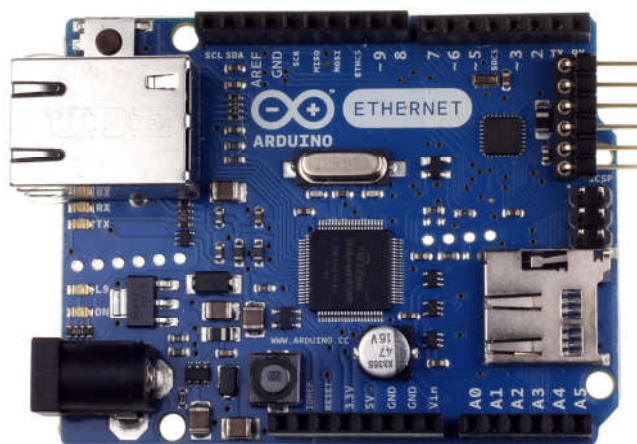
#### Arduino Ethernet board

Jedná se o pokračování mikro kontrolerové vývojové desky Arduino Uno které je založená na mikroprocesoru ATmega328. Deska obsahuje 9 digitálních vstupních / výstupních pinů (z toho může být 4 použito jako výstupy PWM), 6 analogových vstupů, 16 MHz krystal, LAN konektor RJ-45 pro síťové připojení, slot pro microSD kartu, napájecí konektor, ICSP rozhraní, rozhraní pro USB programování a resetovací tlačítko. Obsahuje vše potřebné k provozu mikro kontrolérů. [40]

Tab. 5-1 Souhrn parametrů Arduina

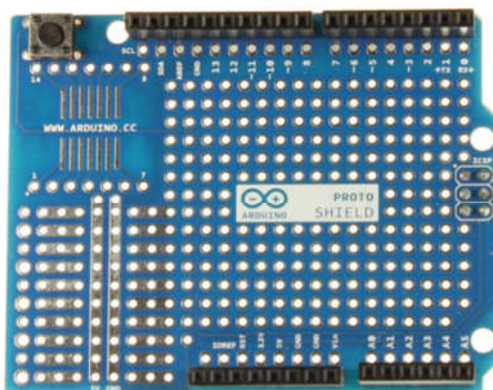
<b>Mikro kontrolér</b>	ATmega328
<b>Operační napětí</b>	5V
<b>Vstupní napětí</b>	7V ÷ 12 V
<b>Digitální I/O piny</b>	14 (z toho 6 má PWM výstup)
<b>Analogové vstupy</b>	6
<b>DC proud pro I/O piny</b>	40 mA
<b>DC proud pro 3.3 V pin</b>	50 mA
<b>Paměť flash</b>	32 KB, 0.5KB využívá bootloader
<b>Taktovací frekvence</b>	16 MHz

„Mikroprocesor na desce Arduina se programuje pomocí speciálního Arduino programovacího jazyku (založený na jazyku Wiring - podobný C) ve vlastním Arduino vývojovém prostředí. Projekty založené na Arduinu mohou mezi sebou komunikovat pomocí sběrnice I<sup>2</sup>C nebo pomocí Xbee modulu pro wifi komunikaci.“



*Obr. 5.1 - Arduino Ethernet R3*

K arduinu bude připojen Arduino Proto Shield, které umožňuje sestavení jednodušších obvodů na desce, například přidělení multiplexu video signálu, nebo relé k zapínání kamer a další. [41]



*Obr. 5.2 - Arduino Proto Shiel*

## Video enkoder Axis M7001

Jednokanálový video enkoder Axis M7001 nabízí velmi kompaktní design s výbornými parametry video komprese H.264. Nabízí jednoduché a cenově výhodné řešení pro integraci malého nebo velkého počtu analogových CCTV kamer do existující IP monitorovacího systému.

*Tab. 5-2 Vybrané parametry video enkoderu Axis M7001*

<b>Video komprese</b>	H.264/M-JPEG
<b>Max. rozlišení</b>	720x576
<b>Rychlost obnovování</b>	25 fps
<b>Operační paměť</b>	20 MB
<b>Napájení</b>	48V PoE 802.3af class 2
<b>Rozměry</b>	30,1 x 37,4 x 101 mm/80g

Formát video komprese H.264 výrazně snížil potřebnou šířku pásma a velikost paměti bez nutnosti snížit kvalitu videa. Formát M-JPEG je podporován pro jeho velkou flexibilitu. Video enkoder poskytuje detekci pohybu ve videu. [38]



*Obr. 5.3 - Video enkoder Axis M7001*

## Budič MD03

Budič MD03 je středně výkonný driver pro motory. Navrhnut k napájení motoru pomocí jednoho z nejspornějších čipů H-můstku. Výkon motoru je řízen pomocí PWM s H-můstkem na frekvenci 15kHz. 15V Mosfet tranzistor generuje řídicí napětí na desce s charge pump, díky tomu stačí pouze dvojí napájení desky. [42]

Tab. 5-3 Parametry budiče MD03

Napětí logického obvodu	5V
Napětí motoru	5V ÷ 24 V
Proud logického obvodu	50 mA
Proud motoru	Až 20A
Rozměry	113 x 52 x 30 mm

Driver motoru může být ovládán 4 způsoby:

- 0V – 2.5V – 5V Analogově pro zpětný chod – stop – chod vpřed
- 0V – 5V ekvivalent PWM, oddělená kontrola směru otáček
- RC mod – ovládání klasickým RC systémem. Připojeno k RC přijmači.
- I<sup>2</sup>C bus – plná kontrola akcelerace a směru otáček, až 8 ovladačů v síti



Obr. 5.4 - Budič MD03

## Wi-Fi router Ovislink AirLive WL-5450AP

Ovislink AirLive WL-5450AP je bezdrátovým adaptérem/přístupovým bodem pro WiFi síť. Pracuje s pásmem 2.4 GHz 802.11g, který nabízí teoretické přenosové rychlosti



až 54 Mbit/s. Umožňuje přímo připojit rovnou dva počítače do dvou volných ethernetových portů.

*Tab. 5-4 Základní technické parametry*

<b>WLAN standard</b>	802.11b, 802.11g
<b>Přenosová rychlost</b>	54 Mb/s
<b>Paměť</b>	1MB Flash, 8MB SDRAM
<b>Počet LAN portů</b>	2x 10/100Mbps
<b>Napájení</b>	12V DC / 800 mA
<b>Rozměry</b>	135 x 100 x 26 mm, 180g

V režimu přístupového bodu poskytuje připojení k síti či internetu všem bezdrátovým klientům v dosahu. Díky regulovatelnému maximálnímu výstupnímu výkonu 18 dBm a odpojitelné všesměrové anténě o zisku 2 dB je ideální k pokrytí několika místností uvnitř budovy, či přilehlého okolí. [46]



*Obr. 5.5 - Ovislink AirLive WL-5450AP*

## Akumulátor WP1236W



Obr. 5.6 - Akumulátor WP1236W

Klasický olověný akumulátor od výrobce KUNG LONG vhodný pro RC modely, nebo jako záložní zdroj energie. [47]

Tab. 5-5 technické parametry akumulátoru

<b>Napětí</b>	12 V DC
<b>Kapacita</b>	9 Ah
<b>Konektory</b>	2x faston 4,75 mm
<b>Rozměr</b>	94 x 151 x 65 mm
<b>Hmotnost</b>	2,7 kg
<b>Cena</b>	539,- Kč

### Výpočet výdrže akumulátoru

Při výpočtu výdrže akumulátoru je nutné znát spotřebu jednotlivých elektrických komponent a časový průběh spotřeby. Kapacita akumulátoru se udává v ampérhodinách (Ah). Určuje kolik proudu je akumulátor schopný dodat během jedné hodiny.

V rovnici (1) je uvedený výpočet proudu odebíraného měničem z akumulátoru při 5V spotřebiči.

$$P_{12V} = \frac{P_{5V}}{\eta}$$

$$I_{12V} \cdot U_{12V} = \frac{I_{5V} \cdot U_{5V}}{\eta} \quad (1)$$

$$I_{12V} = \frac{I_{5V} \cdot U_{5V}}{\eta \cdot U_{12V}}$$

Pro vypočítání spotřeby je nutné znát napětí a proud všech spotřebičů. V rovnici (1) je  $\eta$  účinnost měniče napětí, moderní měniče mají účinnost 70 ÷ 85%.

$$t = \frac{\text{kapacita}}{\text{proud}} [\text{hodiny}] \quad (2)$$

Výpočty podle rovnice (1) jsou provedeny v *Tab. 5-6* pro účinnost měničů je 80%. V tabulce je potom proveden součet proudů. Je započítaná ztráta na vodičích a dalších elektrických součástech 10%. A je proveden výpočet výdrže akumulátoru podle rovnice (2)

*Tab. 5-6 Výpočet výdrže akumulátoru*

Spotřebič	Počet ks	Napětí [V]	Proud [A]	Příkon [W]	Výsledný proud [A]
<b>Grabber</b>	1	48	0,135208	6,49	0,676042
<b>Budič log obvod</b>	1	5	0,05	0,25	0,026042
<b>Budič silový obvod</b>	1	12	12,5	150*	12,5
<b>Wi-Fi router</b>	1	12	0,8	9,6	0,8
<b>Servo</b>	1	5	1,2	6	0,625
<b>Kamera</b>	2	12	0,12	1,44	0,24
<b>Ultrazvuk</b>	5	5	0,012	0,06	0,03125
<b>IR</b>	4	5	0,04	0,2	0,083333
<b>Arduino</b>	1	12	0,2	2,4	0,2
<b>Led</b>	8	2.8	0,02	0,056	0,046667
<b>Suma</b>					15,2283 A
<b>Ztráty</b>					10 %
<b>Celkem</b>					16,7511 A
<b>Kapacita akumulátoru</b>					9 Ah
<b>Výdrž akumulátoru</b>					<b>0.5373 h</b>

*\*Příkon byl určen z teoretického výpočtu momentu motoru uvedeného v příloze C*

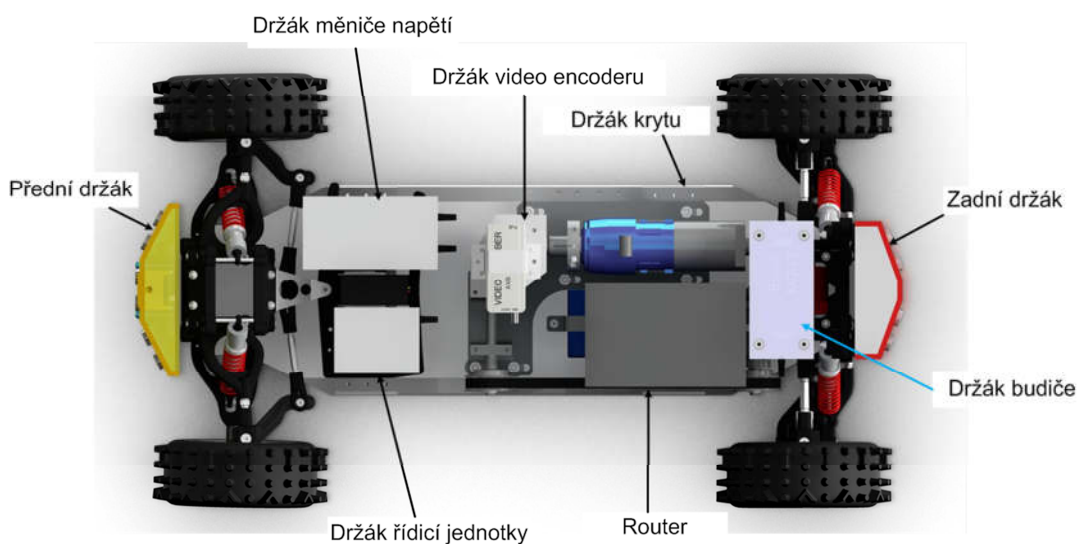
Z *Tab. 5-6* lze vidět, že nejvyšší spotřebu má motor. Při výpočtu bylo zahrnuto, že všechny spotřebiče pracují naráz na plný výkon, což je ve skutečnosti téměř nemožné. Pokud se zohlední skutečný provoz kdy třeba servo pro řízení, nebo motor nejedou naplno koeficientem 0.35 pak je výsledná výdrž podle vzorce (3).

$$t_{skut} = \frac{t}{0,35} = \frac{0,5373}{0,35} = 1,535 \text{ hod} \quad (3)$$

Výsledná výdrž 1,535 hodiny je pouze teoretická a ve skutečnosti záleží, kde a jak se robot pohybuje, při akceleraci a brždění má motor vyšší příkon. Jízda v terénu je energeticky náročnější než jízda po rovině. Výdrž akumulátoru je nutné ověřit experimentem. Důležité je, že pokud se olovený akumulátor vybíjí do prázdná tak se velmi rychle snižuje životnost akumulátorového článku.

## 5.2 Vytvoření 3D modelu

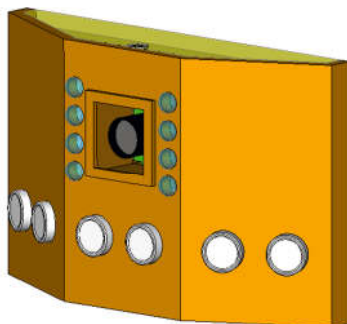
Po výběru optimální varianty byl vyhotovený model. Na *Obr. 5.7* jsou vyznačené boxy na jednotlivé elektrické komponenty. Tyto boxy jsou popsány v následujících odstavcích.



*Obr. 5.7 - Rozmístnění komponentů*

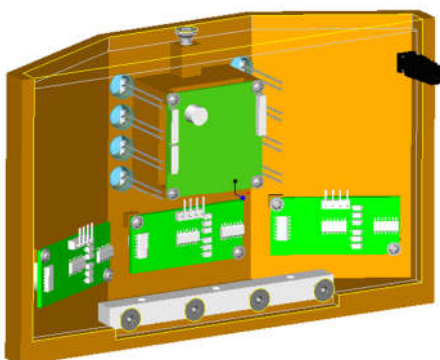
### 5.2.1 Přední držák

Držák byl vytvořen pro bezpečné připevnění 3 ultrazvukových senzorů a kamery s přísvitem. Ultrazvuky jsou vzájemně nakloněné o  $27.5^\circ$  pro dosažení snímaného prostoru (na Obr. 3.8). Nad prostředním ultrazvukem je umístěná kamera s LED přísvitem.



Obr. 5.8 - držák zepředu

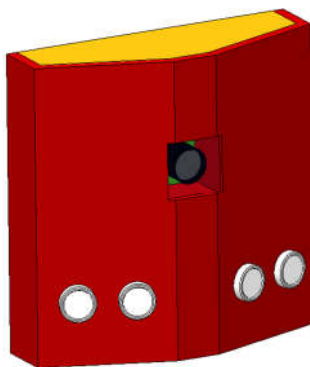
Pro výrobu byla využita metoda rapid prototyping. Držák se skládá ze dvou plastových částí a jednoho kovového hranolu se závity pro montáž a přichycení držáku k podvozku MR.



Obr. 5.9 - přední držák zezadu

### 5.2.2 Zadní držák

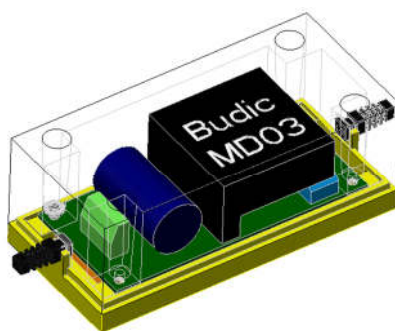
Zadní držák je na podobném principu jako přední držák. Připevňuje dva ultrazvukové senzory, plochy svírají úhel  $140^\circ$  pro dosažení úhlu rozsahu jako je na Obr. 3.8. Uprostřed je přidána desková kamera s ochranným sklem. Držák je vyroben ze tří dílů. Plastové díly jsou vytvořeny pomocí metody rapid prototyping.



*Obr. 5.10 - Zadní držák*

### 5.2.3 Držák budiče

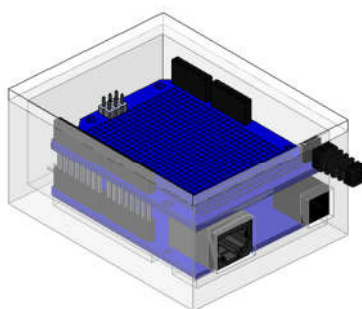
Ochranný box pro budič měniče je vyroben pomocí 3D tisku. Skládá se ze dvou dílů. Spodního, který slouží jako držák a je přišroubován k zadní nápravě MR. Druhá část slouží jako kryt. Pro vývod drátů jsou použity standartní průchodky.



*Obr. 5.11 - Držák budiče*

### 5.2.4 Držák řídicí jednotky

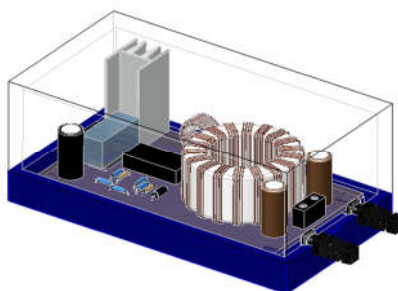
Spodní část krytu řídicí jednotky je přišroubovaná k držáku serva. Arduino je přišroubované ke krytu. Konektory jsou vyvedeny přímo v krytu, průchodka složí pro vyvedení dalších drátů.



*Obr. 5.12 - Držák řídicí jednotky*

### 5.2.5 Držák měniče napětí

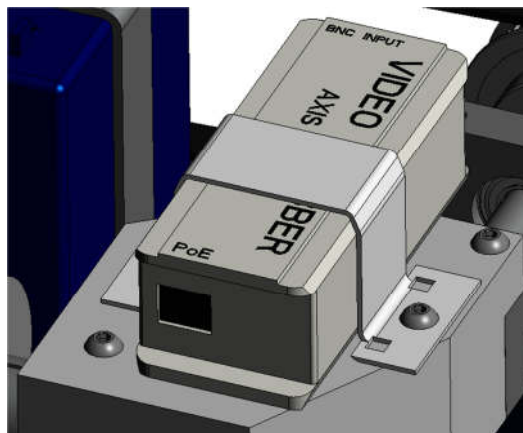
Krycí box pro měnič se skládá ze dvou částí. Spodní je přišroubována k držáku serva, druhá slouží jako kryt. K vyvedení kabelů jsou použity průchodky.



*Obr. 5.13 - Držák měniče napětí*

### 5.2.6 Kryt ozubení a držák video enkoderu

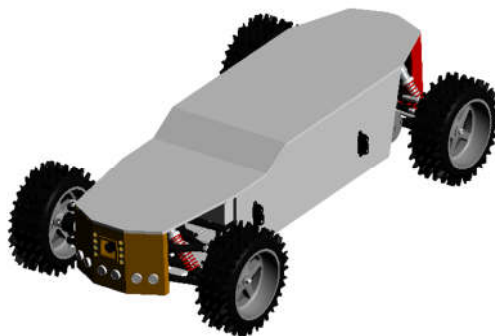
Video enkoder je přidělaný pomocí originálního držáku k ložiskovému domku pomocí podpěry vytištěné na 3D tiskárně. Podpěra zároveň slouží jako kryt kuželového ozubení, a omezí přenosu nečistot od nebo k ozubení.



*Obr. 5.14 - Držák video enkoderu*

### 5.2.7 Celkové zakrytí

Robot byl zakrytován pomocí plastových desek, byla vytvořena podpůrná konstrukce. Pomocí 3D tisku. Sestavný výkres je v příloze C.

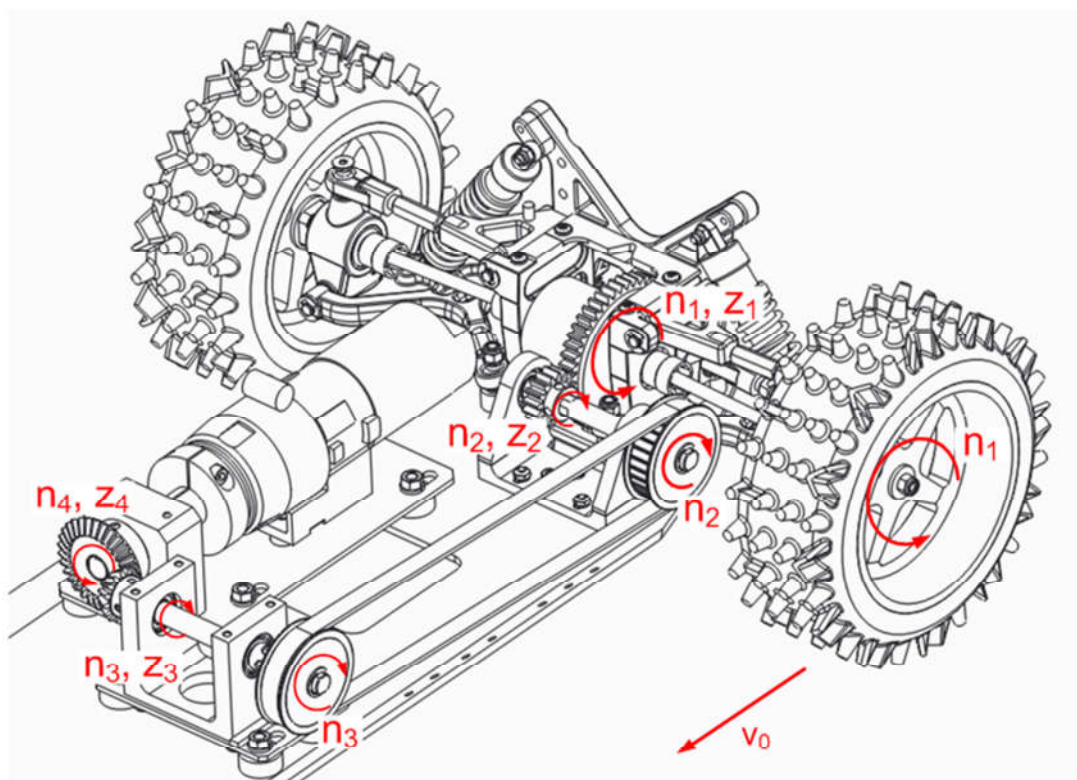


Obr. 5.15 - celkový pohled na robot

### 5.3 Kontrolní výpočty

Výpočet výstupních otáček převodovky

[4]



Obr. 5.16 - znázorněné otáčky na modelu

Průměr kola  $D_K = 168 \text{ mm}$ , rychlost  $v_0 = 7.5 \text{ km/hod}$  byla zvolená s ohledem na rychlost ostatních MR (v Tab. 1-1)

$$n_1 = \frac{v_0 \cdot 60\,000}{3.6 \cdot \pi \cdot D_K} = \frac{7.5 \cdot 60\,000}{3.6 \cdot \pi \cdot 168} = 236.84 \text{ ot/min} \quad (4)$$

Otáčky kola jsou stejné jako otáčky ozubeného, počet zubů  $z_1 = 48$  a  $z_2 = 16$  byl zjištěn z výchozího CAD modelu (na Obr. 2.2)



$$u_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \Rightarrow n_2 = \frac{n_1 \cdot z_1}{z_2} = \frac{236,86 \cdot 48}{16} = 710,51 \text{ ot/min} \quad (5)$$

U řemenového převodu jsou obě řemenice stejné, proto je převodový poměr  $i=1$ , otáčky třetí hřídele jsou stejné jako otáčky druhé hřídele.

Počet zubů kuželového soukolí  $z_3=16$  a  $z_4=32$  byl zjištěn z výchozího CAD modelu.

$$u_{3,4} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{z_4}{z_3} \Rightarrow n_4 = \frac{n_3 \cdot z_3}{z_4} = \frac{710,51 \cdot 16}{32} = 355,25 \text{ ot/min} \quad (6)$$

Minimální počet otáček potřebných na výstupu z převodovky pro dosažení rychlosti 7,5 km/h je 355,25 ot/min.

Vypočet potřebného momentu je v příloze **D**

## 6 Závěr

V bakalářské práci byl proveden průzkum stávajících řešení mobilních robotů pro monitorovací úlohy. Získaná data byla zpracována, a mohou sloužit jako podklad pro další práci. V rámci rešerše byly identifikovány používané senzory a elektronika v dané oblasti servisní robotiky.

Stávající robot byl rozebrán a jednotlivé jeho díly byly vymodelovány v prostředí Creo Parametric 2.0. Rozměry dílů byly měřeny ručně pomocí posuvného měřidla.

Bylo navrženo pět variant vnitřního rozmístění elektroniky pro dva základní typy kamer. Pro senzorický subsystém byly navrženy 3 varianty uspořádání. K. Ve vybrané kombinaci variant dílčích subsystémů jsou použité deskové CCD kamery vzhledem k dobrým zkušenostem s použitím a spolehlivostí. Senzorický subsystém obsahuje kombinaci ultrazvukových a IR senzorů vzdálenosti. Kamery byly umístěny na přední a zadní stranu podvozku.

Výsledná kombinace variant byla vymodelována v CAD systému Creo. Jednotlivé komponenty byly umístěny do ochranných boxů, které je chrání před poškozením vniknutím nečistot a vody. Jednotlivé boxy byly připevněny k podvozku. A celý robot byl zakryt ochranou deskou.

Pro robot byly navrženy veškeré elektronické komponenty, aby byl při realizaci provozu schopný. Příslušné elektronické schéma je přiloženo v příloze **B**.

Byla stanovena teoretická výdrž provozu mobilního robotu. Dále byly určeny potřebné výstupní otáčky převodovky a teoretický krouticí moment motoru.

V průběhu vypracování bylo zjištěno, že by bylo vhodné podvozek doplnit o „pan/tilt“ nastavbu, ve které budou 2 kamery pro stereovizi a dálkoměr pro měření vzdálenosti objektu pozorování. Pro autonomní provoz MR je vhodný 2D laserový scanner prostředí, který byl vyloučen pro vysokou pořizovací cenu. Robot může být rozšířen o další senzory sbírající informace o prostředí, například detektor plynu, termovizi, teploměr a další. Jako další příslušenství může být obousměrná audio komunikace.

## 7 Zdroje a použitá literatura

- [1] NOVÁK, Petr. *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. Vyd. 1. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 247 s. ISBN 80-730-0141-1.
- [2] KÁRNÍK, Ladislav. *Servisní roboty*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2004, 139 s. ISBN 80-248-0626-6.
- [3] BERKA, Štěpán. *Elektrotechická schémata a zapojení 2: řídicí, ovládací a bezdrátové prvky*. 1. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2010. ISBN 978-80-7300-254-1.
- [4] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: části pohonů strojů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008, 128 s. ISBN 978-80-248-1860-3.
- [5] LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006, xiv, 914 s. ISBN 80-736-1033-7.
- [6] GLOGER, Michal. *SENZORIKA SERVISNÍCH ROBOTŮ* [online]. První. Ostrava, 2012 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://robot.vsb.cz/file.php/senzorika-servisnich-robotu.pdf>
- [7] ČSN EN 60529. *Stupně ochrany krytem: krytí - IP kód*. listopad 1993. Dostupné z: <http://seznamcsn.unmz.cz/Detailnormy.aspx?k=32715>
- [8] GUIDE TO THE 'IP' CODES FOR ENCLOSURES: DEGREE OF PROTECTION BS EN 60529: 1992 (IEC 529 1989). *EIEMA*. [online]. Third Edition. September ©2001 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: [http://documents.rs-components.com/EITC/UK/automationUpdate/IPCodes\\_\(EIEMA\).pdf](http://documents.rs-components.com/EITC/UK/automationUpdate/IPCodes_(EIEMA).pdf)
- [9] AUTONOMOUS SOLUTIONS, Inc. *Chaos™ High Mobility Robot | Autonomous Solutions* [online]. © 2013 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://autonomoussolutions.com/chaos-high-mobility-robot/>
- [10] Pointman Tactical Robot (SUGV). *APPLIED RESEARCH ASSOCIATES, Inc. Applied Research Associates: International Science and Engineering Research Company* [online]. © 2013 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.ara.com/robotics/Small-Unmanned-Ground-Vehicle.html>
- [11] AGT Multi-function Agile Remote Control Robot. *Applied Geo Technologies, Inc.* [online]. 2010 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.appliedgeotech.com/AGT-RobotMARCBot-July2010.pdf>
- [12] Summit. *ROBOTNIK. Summit - Robotnik* [online]. 2013 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://robotnik.es/en/products/mobile-robots/summit>
- [13] CLEARPATH ROBOTICS INC. *Husky UGV - A Rugged All-Terrain Robot: A Mobile Robot for Any Terrain* [online]. 2012 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.clearpathrobotics.com/husky/>
- [14] iRobot 310 SUGV. *iROBOT CORPORATION. iRobot® SUGV* [online]. ©2012 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.irobot.com/~media/Files/Robots/Defense/SUGV/iRobot-310-SUGV-Specs.ashx>

- [15] Armadillo: Micro Unmanned Ground Vehicle. MacroUSA Corp. [online]. 2013 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.macrousa.com/pdf/armadillo.pdf>
- [16] G2Bot. Mesa Robotics [online]. 2009 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.mesa-robotics.com/g2bot.html>
- [17] Seekur Jr. ADEPT MOBILEROBOTS LLC. Autonomous mobile robots, software, and accessories [online]. ©2012 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.mobilerobots.com/ResearchRobots/SeekurJr.aspx>
- [18] NOVATIQ®. *Robot reconnaissance and inspections* [online]. 2012 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.novatiq.com/>
- [19] Recon Scout XT. *Recon Robotics™* [online]. ©2011 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: [http://www.reconrobotics.com/pdfs/Recon-Scout\\_XT\\_Spec\\_Sheet\\_Military.pdf](http://www.reconrobotics.com/pdfs/Recon-Scout_XT_Spec_Sheet_Military.pdf)
- [20] Crawler 4WS 4x4 Compact Security Robot. *SuperDroid Robots* [online]. ©2011 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.superdroidrobots.com/shop/item.aspx?itemid=1127>
- [21] MMP-5 Mobile Robot Platform. *The Machine Lab, Inc.* [online]. ©2001 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://www.themachinelab.com/MMP-5.html>
- [22] Visionbot's applications. TECHNOLOGICAL & ROBOTICS SYSTEMS S.L. *Technorobot* [online]. ©2009 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: [http://www.technorobot.eu/en/visionbot\\_specifications.html](http://www.technorobot.eu/en/visionbot_specifications.html)
- [23] COBRA MK2: Mini UGV for inspection in confined areas. ECA ROBOTICS. *Simulation robotics, Robotics security* [online]. © 2008 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: [http://www.eca-robotics.com/en/robotic-vehicle/robotics-terrestrial-unmanned-ground-vehicles-\(ugv\)-cobra-mk2-mini-ugv-for-inspection-in-confined-areas/26.htm](http://www.eca-robotics.com/en/robotic-vehicle/robotics-terrestrial-unmanned-ground-vehicles-(ugv)-cobra-mk2-mini-ugv-for-inspection-in-confined-areas/26.htm)
- [24] Jaguar 4x4 wheel. *Dr Robot Inc.* [online]. © 2001 - 2013 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: [http://jaguar.drrobot.com/specification\\_4x4w.asp](http://jaguar.drrobot.com/specification_4x4w.asp)
- [25] GAIA-2. AAI CANADA, Inc. *Intelligent Robots* [online]. © 2008 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: [http://www.aai.ca/robots/gaia\\_2.html](http://www.aai.ca/robots/gaia_2.html)
- [26] The Spider Mite. *Inspector Bots* [online]. 2009 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: [http://www.inspectorbots.com/Spider\\_Mite\\_.html](http://www.inspectorbots.com/Spider_Mite_.html)
- [27] MB7047 I2CXL-MaxSonar®-WRC™. MAXBOTIX. *Ultrasonic Sensors by MaxBotix® Inc.* [online]. © 2012 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: [http://www.maxbotix.com/Ultrasonic\\_Sensors/MB7047.htm](http://www.maxbotix.com/Ultrasonic_Sensors/MB7047.htm)
- [28] SRF08 Ultra sonic range finder. DEVANTECH, Ltd. *Robot electronics* [online]. [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.robot-electronics.co.uk/html/srf08tech.html>
- [29] Arduino and Android parking assistance. MM BLOGERI. *Arduino and Android programming* [online]. 8. 2. 2012 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://arduinoandandroid.blogspot.cz/2012/02/arduino-and-android-parking-assistance.html>

- [30] GP2Y0A21YK. DEVANTECH,Ltd. *Robot Electronics* [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.robot-electronics.co.uk/datasheets/gp2y0a21.pdf>
- [31] Infrared distance sensor. *Robotic & Mechatronic HomeLab Kit Community* [online]. © 2009 - 2013 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: [http://home.roboticlab.eu/en/examples/sensor/ir\\_distance](http://home.roboticlab.eu/en/examples/sensor/ir_distance)
- [32] I2C-It Sharp IR Distance Sensor. *Solarbotics* [online]. © 2011 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <https://solarbotics.com/product/35080/>
- [33] GP2Y0A710K0F: Distance Measuring Sensor Unit. SHARP CORPORATION. *Sharp global* [online]. Dec.01.2006 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: [http://sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a710k\\_e.pdf](http://sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a710k_e.pdf)
- [34] DT 60: Distance Sensor “Long range”. SICK AG. *Sick: Sensor Intelligence* [online]. © 2007-2012 [cit. 2013-05-09]. Dostupné z: <http://www.sick-automation.ru/images/File/pdf/DIV01/dt60.pdf>
- [35] Laser scanners: LMS111-10100. SICK AG. *Sick: Sensor Intelligence* [online]. © 2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <https://www.mysick.com/eCat.aspx?go=FinderSearch&Cat=Row&At=Fa&Cult=English&FamilyID=344&Category=Produktfinder&Selections=34241,34258>
- [36] Scanning range finder: URG-04LX. *Hokuyo Automatic* [online]. © 2009 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: [http://www.hokuyo-aut.jp/02sensor/07scanner/urg\\_04lx.html](http://www.hokuyo-aut.jp/02sensor/07scanner/urg_04lx.html)
- [37] Deskové CCD kamery. ESCAD® Trade s.r.o. [online]. ©2009 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: <http://www.escadtrade.cz/deskove-ccd-kamery.html>
- [38] Axis M7001 Video Encoder. *Axis Communications* [online]. © 2013 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: [http://www.axis.com/products/cam\\_m7001/](http://www.axis.com/products/cam_m7001/)
- [39] Webové IP-kamery. ESCAD® TRADE, s.r.o. *ESCAD® Trade: Váš partner v průmyslové televizi* [online]. © 2009 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: <http://www.escadtrade.cz/webove-ip-kamery-venkovni.html>
- [40] Arduino Ethernet. Arduino [online]. [2010] [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardEthernet>
- [41] Arduino Proto Shield. Arduino [online]. [2010] [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoProtoShield>
- [42] MD03 - 24Volt 20Amp H Bridge Motor Drive. DEVANTECH,Ltd. *Robot Electronics* [online]. [cit. 2013-05-09]. Dostupné z: <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/md03tech.htm>
- [43] Panasonic EX: VM32CPH. In: *Kamery deskové a mikroobjektivy* [online]. 28.04.2009 [cit. 2013-05-09]. Dostupné z: <http://www.volny.cz/matejkatvs/prodej/monitorovacitechnika/kamerydeskove/kamerydeskove.htm#VM32CPH>

- [44] Sony ultra low lux: VM38CSHRX. In: Kamery deskové a mikroobjektivy [online]. 28.04.2009 [cit. 2013-05-09]. Dostupné z: <http://www.volny.cz/matejkatvs/prodej/monitorovacitechnika/kamerydeskove/kamerydeskove.htm#VM38CSHRX>
- [45] AXIS M1013 barevná SVGA IP kamera. ESCAD® TRADE, s.r.o. *ESCAD® Trade: Váš partner v průmyslové televizi* [online]. © 2009 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.escadtrade.cz/axis-m1013-barevna-svga-ip-kamera-h-264-800x600-slot-pro-microsd-sdhc.html>
- [46] Airlive WL-5450AP 802.11g AP/Bridge/Repeater/Client,SMA. CZC.CZ S.R.O. CZC.cz [online]. 17.8.2011 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.czc.cz/airlive-wl-5450ap-802-11g-ap-bridge-repeater-client-sma/34033/produkt>
- [47] Olověný akumulátor KUNG LONG WP1236, 12V, 9Ah. GM ELECTRONIC, spol. s r. o. *GM Electronic: elektronika, kterou znáte...* [online]. Copyright 1990–2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/pb-akumulatory/oloveny-akumulator-kung-long-wp1236-12v>
- [48] Hitec HS-805BB - Mega Giant Scale Servo. Servo Database: RC Servo Specs and Reviews [online]. © 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.servodatabase.com/servo/hitec/hs-805bb>
- [49] Multiplexor. *Mikrokontroléry PIC* [online]. © 2012 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://mikrokontrolery-pic.cz/zaciname/cislicova-technika/kombinacni-logicke-obvody/multiplexor/>

## Seznam příloh

Příloha **A** – Krytí podle IEC 60 527

Příloha **B** – Elektrické schéma

Příloha **C** – sestavný výkres VAV0061\_BP\_01

Obsah přiloženého CD

Přípona

Příloha **A** – Krytí podle IEC 60 527

(.pdf)

Příloha **B** – Elektrické schéma

(.pdf)

Příloha **C** – sestavný výkres VAV0061\_BP\_01

(.pdf, .dwg)

Příloha **D** – Vypočet momentu kola v MathCadu

(.xmcd)

Příloha **E** – model robotu v Creu


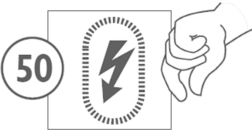
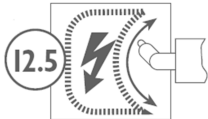
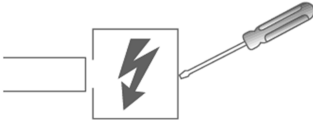
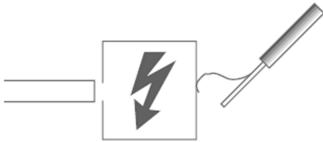
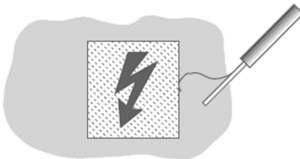
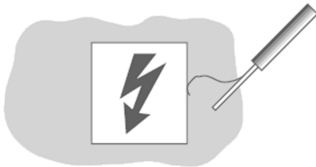
(.rar)

Bakalářská práce

(.pdf, .docx)






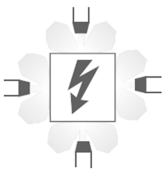
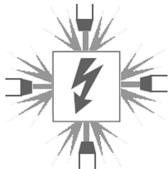
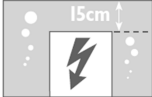
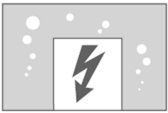
## Příloha A – Krytí podle IEC 60 527

Tab. 7 - IP první číslice - ochrana před vniknutím cizího tělesa

IP	Požadavek	příklad	Ochrana osob
0	Bez ochrany		žádná poskytnutá ochrana
1	Ochrana před vniknutím objektu o průměru 50 mm		Ochrana ruky, dlaně
2	Ochrana před vniknutím objektu o průměru 12.5 mm		Ochrana prstu
3	Odolné vůči objektům větším než Ø2,5 mm		Ochrana nástrojem před
4	Odolné vůči objektům větším než Ø1 mm		Ochrana drátem před
5	Částečně odolné proti prachu		Ochrana drátem před
6	Odolné proti prachu		Ochrana drátem před



Tab. 8 - IP druhá číslice- ochrana před vodou

IP	Požadavek	Příklad	Ochrana proti vodě
0	Žádná ochrana		Žádná ochrana
1	Odolné proti svisle padajícím kapkám vody		svislý déšť 3-5 mm/min
2	Odolné proti svisle padajícím kapkám vody s náklonem 15°		déšť s náklonem 15°, 3-5 mm/min
3	Odolné proti pokropené v náklonu 60°		postřik 10 l/min, tlak 80-100 kN/m <sup>2</sup>
4	Odolné proti pocákaní		Postřik 10l/min, tlak 80-100kN/m <sup>2</sup> , ze všech stran
5	Odolné proti stříkající vodě		Proud s průtokem 12,5 l/min, tlak 30 kN/m <sup>2</sup> , ze všech stran
6	Odolné proti silnému proudu stříkající vody		Proud 100 l/min, tlak 100kN/m <sup>2</sup>
7	Odolné proti krátkodobému ponoření		Dočasné ponoření do hloubky 15 cm až 1m
8	Odolné proti potápění ve vodě		Dlouhodobé ponoření